

17 15711

63

PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY

ORGAN

MINISTERSTWA ENERGETYKI, MINISTERSTWA PRZEMYSŁU MASZYNOWEGO,
STOWARZYSZENIA ELEKTRYKÓW POLSKICH

ROK XXIX

ZESZYT 11/12

21.XII.1953

WALKA O SZYBSZE PODNIESIENIE STOPY ŻYCIOWEJ MAS PRACUJĄCYCH

Jest to najpilniejsze i naczelne zadanie naszej pracy we wszystkich dziedzinach w obecnym okresie budownictwa socjalistycznego. Jest to równocześnie zadanie o wielkiej wadze politycznej, wykracza ono poza ramy problemu gospodarczego jednego kraju.

Nazywamy nasz Plan 6-letni planem uprzemysłowienia Polski, planem budownictwa podstaw socjalizmu. Jedno z drugim łączy się jak najściślej w naszych warunkach. Celem budownictwa socjalistycznego jest stworzenie nowego ustroju społecznego, ustroju wolnego od wyzysku człowieka przez człowieka, i zapewnienie społeczeństwu nieustannego wzrostu jego dobrobytu materialnego, nieograniczonego rozwoju kultury narodowej oraz uzdolnień twórczych każdego obywatela.

Dziś — po niewielu latach potężnego i ofiarnego wysiłku mas pracujących — mamy już mocne i niewzruszone fundamenty nowej gospodarki socjalistycznej we wszystkich działach gospodarki narodowej z wyjątkiem rolnictwa.

W dziedzinie uprzemysłowienia kraju Polska Ludowa w ciągu niewielu lat zrobiła skok olbrzymi.

Hasło przyspieszenia wzrostu stopy życiowej mas pracujących w mieście i na wsi może być obecnie wysunięte realnie na czoło naszych zadań polityczno-gospodarczych właśnie dlatego, że jego realizację umożliwiają dziś w coraz szerszym zakresie nasze osiągnięcia w rozbudowie przemysłu.

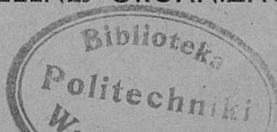
Produkcja naszego przemysłu w ogóle, a przemysłu ciężkiego, stanowiącego podstawę rozwoju całej gospodarki narodowej w szczególności, rozwija się w tempie, jakiego kraj nasz nigdy nie znał w swej historii.

Musimy mocniej skoncentrować swoje siły na takich odcinkach gospodarki, które z różnych przyczyn pozostawały dotąd w tyle, nie nadążały za szybkim tempem rozwoju przodujących działów przemysłu, choć znaczenie tych odcinków produkcji i ich wpływ na bezpośrednie zaspokajanie potrzeb masowych są szczególnie ważne.

Chodzi o skoncentrowanie się na następujących zadaniach: 1) podniesienie ogólnej produkcji rolnictwa; 2) zaspokojenie rosnących potrzeb inwestycyjnych rolnictwa — w szczególności pomoc w rozbudowie pomieszczeń gospodarczych; 3) na bazie wzrostu mechanizacji gruntowna reorganizacja pracy państwowych i gminnych ośrodków maszynowych; 4) wydatne rozwinięcie w najbliższym okresie tych działów przemysłu maszynowego, które obsługują potrzeby rolnictwa; 5) zmniejszenie rozpiętości między wzrostem produkcji środków wytwórczości a wzrostem produkcji przedmiotów spożycia; 6) wydatne polepszenie jakości wytwarzanych przez przemysł produktów; 7) zdecydowana poprawa pracy handlu uspołecznionego; 8) stosowanie polityki stopniowej zniżki cen na produkty masowego użytku; 9) przedstawienie programu budownictwa w najbliższym okresie w kierunku poważnego zwiększenia budowy nowych osiedli robotniczych i nowych domów mieszkalnych; 10) usprawnienie gospodarki komunalnej, komunikacji miejskiej i podmiejskiej, dalszy rozwój szkolnictwa, instytucji oświatowych, zdrowotnych, sportu, lecznictwa i obsługi potrzeb wypoczynkowych i kulturalnych najszerzych mas ludności pracującej.

B. BIERUT

WYDAWNICTWO NACZELNEJ ORGANIZACJI TECHNICZNEJ



PRZEGŁĄD ELEKTROTECHNICZNY

Rok XXIX, z. 11/12
21 grudnia 1953 r.

XXIX-й год, вып. 11/12
21 декабря 1953 г.

Vol. XXIX, No 11/12
December 21, 1953

SPIS RZECZY

Jakubowski J. L. Konferencja wyłącznikowa.
Kryński J. Zagadnienia szkolnictwa w zakresie specjalności „przrządy rozdzielcze”.
Belkowski C. Drogi rozwojowe krajowej myśli konstruktorskiej w dziedzinie aparatury rozdzielczej.
Hole J. Osiągnięcia i zamierzenia krajowego przemysłu elektrotechnicznego w dziedzinie opracowań konstrukcyjnych aparatury łączeniowej wysokiego napięcia.
Nawrot M., Woynarowski Z. Prace konstruktorskie w dziedzinie przrządów rozdzielczych niskiego napięcia.
Statkiewicz J. Zagadnienia kontroli technicznej w produkcji łączników wysokiego napięcia.
Myślicki A., Skarżyński R. Pomoc techniczna krajów zaprzyjaźnionych w zakresie konstrukcji i badań przrządów rozdzielczych.
Rukszto C. Postulaty energetyki w dziedzinie produkcji przrządów rozdzielczych.
Wojtowicki J. Doświadczenie z eksploatacji wyłączników wysokiego napięcia.
Zmigrodzki W. Napędy wyłączników wysokiego napięcia i ich zastosowanie do SPZ.
Lesiowski J., Skarżyński R. Modernizacja przestarzałych wyłączników olejowych.
Olendzki W. Zagadnienie stosowania wyłączników szybkich w kolejowym taborze elektrycznym prądu stałego na 3000 V.
Figurzyński Z. Praca i próby wyłączników szybkich 3-kilowoltowych prądu stałego w warunkach eksploatacji kolejowej.
Knothe S., Myślicki A. Zwarciownia wysokiego napięcia — podstawowe laboratoria przrządów rozdzielczych.
Myślicki A. Próby pośrednie wyłączników wysokiego napięcia na zdolność wyłączania.
Podgórski A. Doświadczenie z eksploatacji zwarciowni sieciowych.
Skarżyński R. Wyniki prób wyłączników wysokiego napięcia prądu zmiennego produkcji krajowej.
Podgórski A. Wyniki prób przrządów rozdzielczych niskiego napięcia produkcji krajowej.
Jabłoński A. Wyłączniki szybkie prądu stałego produkcji krajowej.
Nasiłowski J. Próby zwarciowni wyłączników prądu stałego na podstawach trakcyjnych.
Podgórski A. Niektóre zagadnienia techniki pomiarowej przy próbach zwarciowych.
Lipski T. Badania nad stykami silnoprądowymi.
Grudziecki S. Badanie materiałów gazujących.
Knothe S., Szeinduchert L. Zwarciownia niskonapięciowa Instytutu Elektrotechniki.
Woynarowski Z. Normalizacja łączników przemysłowych rozdzielczych i nastawczych.
Myślicki A. Oporność połukowa i prąd połukowy — charakterystyczne parametry procesu wyłączeniowego w wyłącznikach wysokiego napięcia.
Wydawnictwa nadesłane.
Biuletyn Instytutu Elektrotechniki:
Aparat fotograficzny z wirującą błoną w zastosowaniu do badania długich iskier.
Przegląd dokumentacyjny elektrotechniki.

СОДЕРЖАНИЕ

Якубовский Я. Л. Конференция по выключателям.
Крынский Е. Проблемы обучения по специальности „распределительные аппараты”.
Белковский Ч. Пути развития конструкторской мысли в области распределительных аппаратов.
Хольц Е. Достижения и предположения отечественной электротехнической промышленности в области конструкции распределительной аппаратуры высокого напряжения.
Наврот М., Войнарowski З. Конструкторские работы в области распределительных аппаратов низкого напряжения.
Статкевич Е. Вопросы технологического контроля в производстве выключателей высокого напряжения.
Мыслицкий А., Скаржинский Р. Техническое содействие дружественных стран в области конструкции и испытания распределительных устройств.
Рукшто Ч. Требования энергетики в области производства распределительных аппаратов.
Войтовский Е. Опыт в области эксплуатации выключателей высокого напряжения.
Жмигродский В. Приводы высоковольтных выключателей и их применение при АПВ.
Лесевский Е., Скаржинский Р. Модернизация масляных выключателей старой конструкции.
Олендский В. Применение быстродействующих выключателей в электрическом подвижном составе постоянного тока на 3000 в.
Фигуринский З. Работа и испытание быстродействующих выключателей постоянного тока для 3 кв в условиях железнодорожной эксплуатации.
Кноте С., Мыслицкий А. Испытательные станции высокого напряжения для коротких замыканий — основные лаборатории распределительных аппаратов.
Мыслицкий А. Косвенные методы испытания выключательной способности выключателей высокого напряжения.
Подгурский А. Эксплуатационный опыт в сетевых испытаниях на короткое замыкание.
Скаржинский Р. Результаты испытания высоковольтных выключателей переменного тока отечественного производства.
Подгурский А. Результаты испытания распределительной аппаратуры низкого напряжения отечественного производства.
Яблонский А. Быстродействующие выключатели постоянного тока отечественного производства.
Насиловский Я. Результаты испытания на короткое замыкание выключателей постоянного тока на железнодорожных подстанциях.
Подгурский А. Некоторые проблемы измерительной техники при испытаниях на короткое замыкание.
Липский Т. Исследование сильноточных контактов.
Грудзешский С. Испытание газогенерирующих материалов.
Кноте С., Штейнхухерт Л. Испытательная станция для коротких замыканий низкого напряжения в Электротехническом Институте.
Войнарowski З. Стандартизация промышленных выключателей аппаратов.
Мыслицкий А. Сопротивление и ток после исчезновения дуги в выключателях высокого напряжения, как характерные параметры процесса выключения.
Поступившие публикации.
Бюллетень Электротехнического Института:
Фотографический аппарат с вращающейся пленкой для исследования искр большой длины.
Библиографический Обзор Электротехники.

CONTENTS

Jakubowski J. L. Circuit-breaker Conference.
Kryński J. The problem of professional training of switchgear specialists.
Belkowski C. The trends of development of Polish conceptions in switchgear design.
Hole J. Achievements and intentions of the Polish electrical industry in preparing H. T. switchgear designs.
Nawrot M., Woynarowski Z. The work of L. T. switchgear design offices.
Statkiewicz J. Problems of technical control in the production of H. T. circuit-breakers.
Myślicki A., Skarżyński R. Technical assistance by friendly countries in switchgear designing and testing.
Rukszto C. Power engineering requirements in matters of switchgear production.
Wojtowicki J. Experience acquired in the operation of H. T. circuit-breakers.
Zmigrodzki W. H. T. circuit-breaker drives and their adaptability for automatic reclosing.
Lesiowski J., Skarżyński R. Modernisation of obsolete oil-break circuit-breakers.
Olendzki W. The problem of using quick break circuit-breakers in 3000 V D. C. rolling stock.
Figurzyński Z. Work and test of 3-kV D. C. high-speed circuit-breakers in railway practice conditions.
Knothe S., Myślicki A. H. T. short-circuit test stations as basic switchgear laboratories.
Myślicki A. Indirect testing of H. T. circuit-breakers for breaking capacity.
Podgórski A. Operation experience with short-circuit test stations obtaining current from public supply.
Skarżyński R. Test results of Polish-made H. T. alternating current circuit-breakers.
Podgórski A. Test results of Polish-made L. T. switchgear.
Jabłoński A. Polish-made D. C. quick break circuit-breakers.
Nasiłowski J. Short-circuit tests results obtained with D. C. circuit-breakers in electric traction substations.
Podgórski A. Certain problems of measuring technique in short-circuit tests.
Lipski T. Research over heavy current contacts.
Grudziecki S. The testing of gas-emitting materials.
Knothe S., Szeinduchert L. L. T. short-circuit test station of the Electrical Institute.
Woynarowski Z. Standardisation of industrial switches.
Myślicki A. Post-arc reactance and post-arc current as characteristic parameters of the circuit breaking process in H. T. circuit breakers.
Publications received.
Bulletin of the Electrotechnical Institute:
Gyrating film camera for long spark recording.
Electrical Bibliographic Review.

Całoroczny spis rzeczy Przeglądu Elektrotechnicznego z roku 1953 będzie załączony do zeszytu 1 w 1954 r.

PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY

ORGAN

MINISTERSTWA ENERGETYKI, MINISTERSTWA PRZEMYSŁU MASZYNOWEGO,
STOWARZYSZENIA ELEKTRYKÓW POLSKICH

Redaktor naczelny inż. Tadeusz Czaplicki. — Redaktorzy działowi inżynierowie: Stanisław Andrzejewski, Janusz Gniewiewski, Leszek Zienkowski, Tadeusz Zarnecki

Rok XXIX

Warszawa, 21 grudnia 1953 r.

Zeszyt 11—12

Konferencja wyłącznikowa

Zagadnienia wyłącznikowe należą do szczególnie trudnych w elektrotechnice. Włączniki są przyrządami, dla których z obliczeń przy projektowaniu otrzymujemy tylko wytyczne kierunkowe, natomiast o prawidłowości konstrukcji decyduje głównie eksperyment. Jest to związane z wielką złożonością procesu palenia się luku elektrycznego w stanie dynamicznym, jak również procesu gaszenia i ponownego zapłonu tego luku. Dotyczy to zwłaszcza łączników wielkich mocy i wysokich napięć.

Z drugiej strony zjawiska, występujące w sieciach energetycznych przy wyłączaniach i mające istotny wpływ na działanie łączników, są często bardzo złożone a priori do określenia. Toteż obecnie elektrotechnicy znajdują się w początkowym stadium głębszego wnikania w te zjawiska.

Wskazane trudności, tkwiące u podstawy zagadnień produkcji i stosowania łączników, były niewątpliwie przyczyną tego, że polski przemysł aparatów elektrycznych nie stoi jeszcze na należytych poziomach. Brak mu oparcia we własnych badaniach naukowych — teoretycznych i doświadczalnych. Brak wreszcie odpowiednio wyszkolonej kadry konstruktorów.

Rozbudowa układów energetycznych, związana z naszymi gospodarczymi planami długofalowymi, prowadzi do coraz większych wymagań w stosunku do łączników. Obecnie wystarczają wyłączniki o mocy wyłączalnej 2500 MVA przy 110 kV, w bliskiej przyszłości należy się liczyć z mocą 5000 MVA przy 220 kV. Nie wolno również zapominać, że zagadnienia o dużym stopniu trudności mamy również przy niższych napięciach, np. w przypadku wyłączników generatorowych o mocy 600 MVA przy napięciu 6 lub 10 kV i prądzie znamionowym 3 kA.

Przed polskim przemysłem aparatowym stoją zatem olbrzymie zadania. Przemysł ten ma pewne tradycje przedwojenne, związane głównie z licencjami zagranicznymi, jak również skromne oryginalne osiągnięcia, znajduje się jednak niewątpliwie w obliczu rozbudowy i przebudowy. To przestawienie się nie będzie łatwe, choć mamy możliwość w pełni korzystać z doświadczenia naukowego, technicznego i organizacyjnego Związku Radzieckiego. Ta przyjaźielska pomoc nie zwalnia nas bynajmniej od rozwijania własnej myśli konstruktorskiej i prowadzenia własnych badań naukowych. Tylko konstruktorzy i naukowcy, zdolni do twórczej pracy, potrafią właściwie wykorzystać doświadczenie obce i zdobyć własne.

Komitet Elektrotechniki Polskiej Akademii Nauk, rozumiejąc doniosłość dla gospodarki narodowej zagadnień związanych z przesyłaniem wielkich ilości energii elektrycznej, uznał za problem szczególnie ważny „opracowanie podstaw naukowych produkcji nowych maszyn i urządzeń elektrycznych do wyposażenia układów energetycznych, zwłaszcza najwyższych napięć i największych mocy”.

Sformułowanie to obejmuje, oczywiście, wszelkiego rodzaju łączniki elektryczne.

Komitet Elektrotechniki PAN poparł również inicjatywę Instytutu Elektrotechniki MPM budowy w Polsce zwarciowni — stacji wielkich mocy. Potrzeba zwarciowni, jako podstawowej inwestycji badawczej dla przemysłu, nie była na ogół rozpo-

miana przed wojną, choć już wtedy wysuwano odosobnione propozycje w tej sprawie*). Dopiero w warunkach gospodarki planowej, które stworzyła Polska Ludowa, możemy przystąpić do realizacji projektu zwarciowni. Poważne studia w Instytucie Elektrotechniki nad tym zagadnieniem gwarantują, że omawiana inwestycja zaspokoi potrzeby bieżące i rozwojowe naszego przemysłu.

Wreszcie Komitet Elektrotechniki PAN wystąpił z inicjatywą zwołania Konferencji Wyłącznikowej. Nie jest to przypadek, że pierwsza konferencja Akademii w dziedzinie elektrotechniki jest poświęcona właśnie zagadnieniom wyłącznikowym. Świadczy to o ich znaczeniu i palącej potrzebie rozwiązania. Jednocześnie Komitet Elektrotechniki pragnie przez tematykę Konferencji podkreślić nierozzerwalną więź, która łączy nauki techniczne z życiem gospodarczym. Tylko nauka w służbie społeczeństwa jest godna miana prawdziwej nauki.

Oczywiście, Komitet, jako inicjator koncepcji, nie był sam w stanie wypełnić ram konferencji. Do pracy organizacyjnej włączyły się więc Instytut Elektrotechniki i Stowarzyszenie Elektryków Polskich. Instytut, prowadzący od lat prace naukowe w dziedzinie łączników, mógł dostarczyć większości referatów; Stowarzyszenie, reprezentujące opinię świata elektrotechnicznego, pomogło wielkim wkładem w prace koncepcyjne i samą organizację konferencji. Referaty zgłosili również najwybitniejsi fachowcy z przemysłu i wyższych uczelni.

Referaty obejmują trzy najważniejsze grupy zagadnień:

1) Przegląd stanu obecnego produkcji wyłączników wysokiego i niskiego napięcia prądu zmiennego oraz wyłączników wysokiego napięcia prądu stałego. Krytyka asortymentów i jakości. Zagadnienie modernizacji starych wyłączników. Zagadnienie normalizacji.

2) Przegląd metod badawczych wyłączników i przegląd wykonanych badań w laboratoriach krajowych i zagranicznych, jak również badań sieciowych. Zamiary na przyszłość w sprawach zwarciowni. Próby zastępcze i syntetyczne oparte na układach radzieckich.

3) Zagadnienie szkolnictwa wyższego. Programy i ilościowe potrzeby kadrowe.

Niezależnie od powyższego podziału referaty związane z trakcją elektryczną będą ze względów organizacyjnych dyskutowane na konferencji wspólnie.

* Program konferencji jest wspólnym dziełem PAN, IEI i SEP. W referatach biorą udział przedstawiciele całego polskiego świata elektrotechnicznego. Zamierzeniem organizatorów jest uzyskanie w wyniku dyskusji wytycznych, które będą mogły być wykorzystane przez przemysł i placówki naukowe do zapoczątkowania potężnego rozwoju ilościowego i jakościowego produkcji, odpowiadającej potrzebom, które wynikają z wielkich zamiarów Polski Ludowej.

J. L. Jakubowski
Przewodniczący Komisji Organizacyjnej
Konferencji Wyłącznikowej

J. L. Jakubowski J. L. O potrzebie laboratorium wielkiej mocy w Polsce, Przegl. Elektr., 1937, zes. 8, str. 587.

Politechniki

JERZY KRYŃSKI
Polit. Warsz.

Zagadnienia szkolnictwa w zakresie specjalności „przrządy rozdzielcze”

378.14.007.2:621.316.5:621.316.267

Treść. Charakterystyka obecnego szkolenia inżynierów w kierunku studiów „przrządy rozdzielcze”. Propozycja zmiany charakteru szkolenia w przyszłych szkołach magisterskich. Celem zapewnienia postępu technicznego szkoły magisterskie powinny dawać szerokie wykształcenie podstawowe fizyko-matematyczne. Doraźne potrzeby przemysłu w zakresie specjalistów o wąsim profilu specjalizacji powinny być zaspokajane przez szkoły inżynierskie. Z uwagi na różne kryteria szkolenia dla obu tych rodzajów szkół szkolenie dwustopniowe jest niewskazane.

Проблемы обучения по специальности „распределительные аппараты”. Дана характеристика нынешней подготовки инженеров в этой области. Предлагается изменение характера обучения в будущих магистерских школах. Для обеспечения технического прогресса магистерские школы должны давать основательное физико-математическое образование. Спешная потребность промышленности в работниках узкой специальности должна удовлетворяться инженерными училищами. В виду различного характера обучения в этих двух типах школ двуступенчатое обучение в данном случае не рекомендуется.

The problem of professional training of switchgear specialists. Features of the present conditions of training engineers in switchgear speciality. Suggestions as to modifying the characters of training in the future schools from which students will graduate as bachelors of science. Such schools should, with a view to ensuring engineering progress, provide ample scope for basic physico-mathematical training. The industry's immediate requirements for specialists skilled in this particular line should be met by engineering schools. Two-level training is not advisable since the training criterions for both these types of schools differ.

1. Stan obecny.

O 1 roku akademickiego 1948/49 wprowadzono na wydziałach elektrycznych polskiego szkolnictwa technicznego dwustopniową organizację studiów, według której okres studiów trwa na kursie inżynierskim 3 lata, na kursie magisterskim 2 lata.

Wobec krótkiego okresu studiów I-go stopnia stało się konieczne prowadzenie studiów z programem odpowiadającym potrzebom wąskiej specjalizacji na trzecim roku studiów. Między kilkunastu specjalnościami w zakresie tzw. techniki prądów silnych znalazł się również kierunek „przrządy rozdzielcze”, który prowadziły Politechniki Gdańska, Łódzka i Warszawska na kursie inżynierskim, oraz Gdańska na kursie magisterskim. Liczby kończących kurs inżynierski według powyższego wymiaru czasu są następujące:

	1952 ¹⁾	1953	1954 ²⁾
Politechnika			
Gdańska	12	6	14
Łódzka	10	10	14
Warszawska	14	14	10

W roku 1951/52 Ministerstwo Szkolnictwa Wyższego wprowadziło zmianę okresu studiów w sposób następujący: kurs inżynierski 4 lata, kurs magisterski 1,5 roku. Podział na kierunki studiów ma zaczynać się na 3-m roku studiów. Przewiduje się (według stanu 1953/54 roku), że liczba absolwentów kursu inżynierskiego („przrządy rozdzielcze”) wyniesie w 1956 r. w Politechnice Łódzkiej 15, Warszawskiej 23.

Równocześnie prowadzony w Politechnice Gdańskiej kierunek „przrządy rozdzielcze” na kursie magisterskim rozporządza według rozdzielnika PKPG 4-ma miejscami. Pierwsi absolwenci opuszczają politechnikę w roku 1954.

Zaledwie nikła liczba inżynierów otrzymała przydziały pracy w przemyśle aparaturowym. Z Politechniki Warszawskiej spośród wypuszczonych łącznie 24-ch pracuje w chwili obecnej dwóch w przemyśle aparaturowym. Część kształci się dalej na kursie magisterskim, lecz z uwagi na brak miejsc we wspomnianym rozdzielniku na innych kierunkach studiów, łącznie 12; pozostałych 10-u pracuje w innych gałęziach przemysłu.

Programy dotychczasowe, względnie obecne, kursów inżynierskich dla kierunku studiów „przrządy rozdzielcze” przewidują następujące wykłady i ćwiczenia w zakresie dyscypliny specjalnej:

a) 3-letni kurs inżynierski

Sem. V. Przrządy rozdzielcze wys. nap., wykł. 2 g. tyg.

„ „ Budowa przrządów rozdzielczych, wykł. 2 g. tyg.,

ćwicz. 1 g. tyg.

Sem. VI. Projektowanie przrządów rozdzielczych, ćwicz. 3 g. tyg.

„ „ Laboratorium przrządów rozdzielczych (3 g. tyg.).

b) 4-letni kurs inżynierski

Sem. V. Przrządy rozdzielcze, wykł. 3 g. tyg., ćwicz. 1 g. tyg.

Sem. VI. Budowa przrządów nisk. nap., wykł. 3 g. tyg.,

ćwicz. 2 g. tyg.

Sem. VII. Budowa przrządów wys. nap., wykł. 5 g. tyg.,

ćwicz. 2 g. tyg.

„ „ Podstawy techniki łączenia, wykł. 2 g. tyg., ćwicz. 1 g. tyg.

„ „ Projektowanie przrządów rozdzielczych (6 g. tyg.).

„ „ Laboratorium przrządów rozdzielczych (4 g. tyg.).

Oficjalne programy szczegółowe poszczególnych przedmiotów kursu 3-letniego:

1) Przrządy rozdzielcze wys. nap. (28 g. wykładowych):

a) o luku elektrycznym i zasadzie jego przerywania (7 g.),

b) o stykach i częściach przewodzących prąd (3 g.), c) o wyłącznikach pełnoolejowych, małoolejowych, wodnych, powietrznych i gazowych (7 g.), d) o odłącznikach i odłącznikach mocy (2 g.), e) o bezpiecznikach (3 g.), f) o wyłącznikach prądu stałego (1 g.), g) o napędach wyłącznikowych (2 g.), h) o danych znamionowych, obsłudze i konserwacji (3 g.).

2) Przrządy rozdzielcze wys. nap. (14 g. ćwiczeniowych): omawianie trudniejszych rozdziałów wykładów, przykłady rachunkowe, pokazy i obsługa przrządów.

3) Budowa przrządów rozdzielczych (28 g. wykładowych): a) obliczenia części przewodzących prąd (10 g.), b) obliczenia elektromagnesów i wyzwalaczy (4 g.), c) konstrukcje napędów, obudowy i zbiorników (5 g.), d) wiadomości uzupełniające z techniki gaszenia luku i konstrukcje komór gaszących (9 g.).

4) Budowa przrządów rozdzielczych (14 g. ćwiczeniowych): przykłady obliczeń, pokazy części i omawianie konstrukcji.

5) Projektowanie przrządów rozdzielczych (42 g. ćwiczeniowe): wykonanie 2-ch projektów przrządów, odłącznika wielkoprądowego lub odłącznika mocy i wyłącznika olejowego, małoolejowego lub powietrznego.

Laboratorium przrządów rozdzielczych obejmuje w zasadzie wykonanie 12 ćwiczeń laboratoryjnych; w praktyce ich liczba jest ograniczona wskutek niedostatecznego wyposażenia katedry. Program ćwiczeń przewiduje badanie, mające charakter prób odbiorczych różnych przrządów rozdzielczych, oraz napędów, a ponadto badanie styków niezależnie od przrządów.

Jak widać z powyższego zestawienia, zakres wiadomości przewidziany w programie ma charakter raczej encyklopedyczny, nie wnika głęboko w istotę wyłączania, poszczególne zjawiska traktowane są przykładowo. W układzie programu nie widać uświata podporządkowania rozwiązań zagadnieniom. Braki te udawalo się w poszczególnych przypadkach uzupełniać działalnością studenckich kół naukowych przez budzenie zainteresowania zagadnieniami występującymi w wyłącznikach. Na przykład w ramach działalności kół „Przrządy rozdzielcze” na jednej z politechnik udało się prowadzić niemal regularne wykłady uzupełniające, traktujące o zależnościach jakościowych pomiędzy poszczególnymi wielkościami fizycznymi, występującymi przy wyłączaniu, dla różnych typów wyłączników. Poza pewnym pogłębieniem wiadomości słuchaczy wykłady te przyczyniły się do pobudzenia zainteresowań studentów, jak również zachęciły do samodzielnego studiów literatury periodycznej w dziedzinie obliczania komór wyłącznikowych.

2. Stan projektowany na przyszłość.

Po zakończeniu etapu przejściowego szkolenia 2-stopniowego (4-letni kurs inżynierski oraz 1 1/2-roczny kurs magisterski) na politechnikach wzgl. w szkołach głównych będą uruchomione 5 1/2-roczne studia jednostopniowe magisterskie. Programy dla dyscyplin specjalnych nie są jeszcze opracowane, wobec czego byłoby celowe ustalić z okazji konferencji wyłącznikowej następujące kwestie ze stanowiska potrzeb przemysłu:

1) czy uruchomienie jedynie studiów wyższych 5 1/2-rocznych w kierunku specjalnym zadowoli potrzeby przemysłu, oraz czy studia wyższe niższego poziomu byłyby zbędne;

2) jaki charakter specjalizacji winni posiadać wychowankowie 5 1/2-rocznych studiów;

3) jaki charakter specjalizacji winni mieć wychowankowie ze stopniem niższym.

Odpowiedź na pierwsze pytanie będzie miała wpływ na organizację szkolnictwa wyższego, odpowiedź na dwa pozostałe pytania na opracowanie programów studiów. Wobec pilności opracowania programów dla politechniki o 5 1/2-rocznym okresie studiów należałoby przede wszystkim ustalić poglądy na temat jakości absolwentów szkoły magisterskiej, uwzględniające potrzeby przemysłu. Wyniki takiej dyskusji mogą posłużyć

1) W roku 1952 otrzymało dyplomy inżynierów w tej specjalności również 5 wychowanków Szkoły Inżynierskiej im. Wawelberga i Rotwanda.
2) Obecnie na praktykach dyplomowych.

komisjom programowym uczelnianym jako materiał przy układaniu programów zarówno w zakresie siatki godzin i doboru przedmiotów, jak i w zakresie programów szczegółowych tych przedmiotów.

3. Zagadnienia najbliższej przyszłości w szkolnictwie technicznym.

Konferencja wyłącznikowa na przełomie lat 1953-54 ma prawo oczekiwać pewnych wniosków na temat ramowego i — o ile to możliwe — szczegółowego programu nauczania zarówno inżynierów, jak i magistrów w dziedzinie studiów poświęconych „przyrządom rozdzielczym”. Niestety, dziś, kiedy nie ustalono jeszcze poglądów na temat jakości specjalizacji dla obu tych stopni, ustalanie programu byłoby przedwczesne dlatego, że w chwili bieżącej najbardziej palącą sprawą jest ustalenie — zarówno w gronie osób zatrudnionych w szkolnictwie, jak również w przemyśle — najwłaściwszego poglądu na jakość szkolenia na politechnikach z 5½-letnim okresem studiów. Wszak nie mamy dotychczas żadnych informacji z kół miarodajnych co do losów równoległego szkolnictwa na poziomie niższym (odpowiednik obecnego kursu inżynierskiego) z czasem trwania studiów 3—4-letnich po uruchomieniu 5½-letniego kursu magisterskiego. Jest niewątpliwie, że ten stopień szkolenia, jako niezbędny dla przemysłu, będzie musiał być utrzymany w formie niezależnej, czy też w formie szkolenia 1-go stopnia przy zachowaniu dwustopniowości. Z uwagi na pilność sprawy dalsze nasze wywody będą miały na celu wywołanie dyskusji na temat szkolnictwa stopnia wyższego, dyskusja bowiem taka może przyczynić się do zajęcia stanowiska zasadniczego w sprawie szkolnictwa technicznego; równocześnie wywody te rzucą pewne światło na sprawę racjonalności, a raczej nieracjonalności zachowania dotychczasowego systemu dwustopniowości.

Szybki rozwój techniki w ostatnich dziesięcioleciach narzucił pogląd o konieczności specjalizacji w praktycznym życiu zawodowym, pogląd ten znalazł również odpowiednie odbicie w szkolnictwie technicznym. Ten punkt widzenia do niedawna jeszcze uznawany był za właściwy. W międzyczasie nastąpił w technice jeszcze szybszy postęp, który przy zachowaniu dotychczasowych poglądów w szkolnictwie doprowadziłby w konsekwencji do coraz większej liczby kierunków specjalizacji. Należy poważnie zastanowić się, czy droga ta jest właściwa, a zwłaszcza czy jest ona właściwa na studiach, które trwają bądź co bądź poważny okres czasu tj. 5½ roku. Nie trzeba bowiem zapominać, że wąska specjalizacja ma na celu skrócenie czasu studiów i w konsekwencji prowadzi do hegemonii dziedziny, w której specjalizacja jest prowadzona, nad dziedzinami ogólnotechnicznymi, a nawet ogólnokształcącymi czy też podstawowymi.

Dotychczasowe kryterium, przyjęte zwłaszcza dla szkolenia na kursie inżynierskim (które z uwagi na obecną dwustopniowość szkolenia znajduje przedłużenie na kursie magisterskim), ma na widoku szkolenie specjalistów do rozwiązywania określonych współczesnych zadań technicznych współczesnymi metodami. Programy nauk specjalnych kursu inżynierskiego odpowiadają aktualnym zagadnieniom techniki w danej wąskiej specjalności. Dla skrócenia okresu studiów wymagania programowe w stosunku do dyscyplin ogólnotechnicznych (a więc tematyka wykładów tych dyscyplin) powinny być dobrane w zakresie koniecznego przygotowania studentów do dyscyplin specjalnych. Natomiast wymagany materiał dyscyplin ogólnotechnicznych określa zakres koniecznych wiadomości z dyscyplin teoretycznych, ogólnokształcących tzn. w zakresie nauk fizyko-matematycznych, które na podstawie nieodzownego materiału dyscyplin ogólnotechnicznych otrzymują specjalny kierunek i nieoizowne granice. Jeśli zasady te w chwili obecnej nie są konsekwentnie wprowadzone w życie, to wynika to z przyczyny powstawania kursów inżynierskich w politechnikach starego typu tzn. z powodu przykrwania tradycyjnych programów politechnicznych do czasokresu trwania studiów na kursach inżynierskich. Jeżeli weźmiemy pod uwagę przyczynę, która bezpośrednio doprowadziła do stworzenia we wszystkich politechnikach krajowych kursów inżynierskich, tj. konieczność — z uwagi na znieszenie wojenne — szybkiego, poważnego zastrzyku sił technicznych do organizmu gospodarczego państwa, to schemat nakreślony wyżej jest ze wszechmiar uzasadniony i, co więcej, w szkolnictwie stopnia niższego w przyszłości powinien być konsekwentnie doskonalony, według podanych w nim zasad.

Szkolenie tego rodzaju kryje w sobie pewne niebezpieczeństwo, polegające na tym, że programy wszystkich dyscyplin, jako oparte na materiałach, wynikających z programu dyscypliny specjalnej (której program w wielu wypadkach podyktowany jest osobistymi zainteresowaniami danego specjalisty), cechuje

je — przynajmniej w okresie początkowym — w doborze tematyki pewna przypadkowość. Niebezpieczeństwo to, po latach gromadzenia doświadczeń a i szerokiej współpracy między uczelniami, powinno być usunięte. Obecnie niebezpieczeństwo to zostało w sposób świadomy, względnie nieświadomy, usunięte na skutek dopasowywania programów politechnicznych starego typu do potrzeb kursów inżynierskich nie tyle pod kątem dostosowywania programów do potrzeb specjalizacji, ile pod kątem takiego przykrwania starych programów, aby całość programowa mieściła się w ramach 3½-letnich studiów. Jak wynika z rozmów ze studentami, odbyło się to kosztem wielkiego ich przeciążenia. Miejmy nadzieję, że programy kursów inżynierskich — przy okazji ostatniej zmiany okresu studiów do 4 lat — poprawią stan obciążenia studenta, a z biegiem lat ulegać będą stalemu doskonaleniu.

4. Warunki wywierające wpływ na jakość szkolenia i wnioski z nich wypływające.

A. Warunki

a) W czasie działalności technika, trwającej przeciętnie kilka dziesiątków lat, przedmiot specjalizacji — wobec obecnego niesłuchanie szybkiego rozwoju techniki — zmienia swą postać, wskutek czego powstają a priori nieznane, nowe zadania do rozwiązywania oraz nowe metody rozwiązania.

b) Proces rozwojowy prowadzi nieuchronnie do powstawania wciąż nowych specjalności w technice.

c) Potrzeby gospodarki narodowej wskazują na konieczność posiadania specjalistów o wąskiej specjalności (jak była już mowa wyżej); potrzeby te wymagają szybkiego szkolenia specjalistów.

d) Równocześnie z zapotrzebowaniem specjalistów o wąskim profilu specjalności istnieje konieczność szkolenia personelu o szerokim zakresie specjalizacji, mającego gruntowne przygotowanie fizyko-matematyczne i ogólnotechniczne oraz wiadomości nie tylko z podstaw swej specjalności, lecz również w dziedzinie stycznych gałęzi nauki i techniki. Potrzeby zarówno życia gospodarczego, jak i nauki, bez której życie to nie może się rozwijać, wymagają istnienia, a więc i szkolenia personelu, przygotowanego do uogólniania i przenoszenia — z dziedzin stycznych w sferę swej specjalności — metod naukowo-technicznego rozwiązywania zadań.

e) Jak wskazuje dotychczasowe doświadczenie, przydziały pracy dla absolwentów, szkolonych w określonych specjalnościach, cechuje przypadkowość, usprawiedliwiona częściowo aktualnymi potrzebami.

f) Rzadkie są przypadki pozostawania technika w jego początkowej specjalności przez cały okres życia; technik, zajmując z biegiem czasu coraz wyższe stanowiska, powinien mieć zdolność przyswajania sobie nowych dziedzin specjalizacji.

g) Z uwagi na konieczność przenikania nauki do przemysłu oraz doświadczenia przemysłowego do nauki (a tylko wtedy jest do pomyślenia postęp techniczny) magister-inżynier powinien stanowić ogniwo łączące naukę z personelem wykonawczym, pozostającym pod jego pieczą w czasie jego pracy zawodowej i to personelem różnej specjalności.

B. Wnioski

a) Szkolnictwo techniczne powinno kształcić specjalistów zarówno o szerokim, jak i o wąskim profilu specjalizacji.

b) Z uwagi na możliwość szybszego szkolenia pracowników dla potrzeb wąskiej specjalizacji szkolenie tego typu specjalistów powinno odbywać się w szkołach inżynierskich. Z uwagi na przewidywany dłuższy proces szkolenia, jak również wyższy poziom nauczania w szkołach magisterskich, specjalistów o szerokim profilu specjalizacji należy kształcić w tych właśnie szkołach.

c) Zakres przyszłej działalności technika o szerokim profilu specjalizacji jest obszerny i nie jest całkowicie określony.

d) Program studiów szkoły magisterskiej powinien mieć na celu szkolenie absolwentów do rozwiązywania nieznanych zagadnień nieznanymi metodami, które w pracy zawodowej nasuną się w stosunku do nieznanych urządzeń.

e) W szkołach magisterskich — z uwagi na konieczność gruntownego szkolenia specjalistów o szerokim profilu specjalizacji w dyscyplinach ogólnotechnicznych i ogólnotechnicznych — należy tym dyscyplinom podporządkować dyscypliny specjalne, traktując te ostatnie jedynie jako przykłady wybrane przez studenta spośród innych, pozwalających sprawdzić zdolności zastosowania nabytych wiadomości i metod w zakresie dyscyplin ogólnych.

f) W szkołach inżynierskich należałoby — z uwagi na skrócony czas trwania studiów — utrzymać i konsekwentnie pogłębiać dotychczasowy punkt widzenia, a mianowicie podporządkowywanie dyscyplin podstawowych dyscyplinom specjalnym,

przygotowując w ten sposób absolwentów do rozwiązywania konkretnych zadań konkretnymi metodami.

g) Jak widać, różne byłyby cele szkolenia w szkołach magisterskich i szkołach inżynierskich, różna również byłaby treść szkolenia w zakresie dyscyplin podstawowych w obu tych typach szkół. Wobec tego nie udaloby się w przyszłości zachować dotychczas stosowanej zasady dwustopniowości: kształcenie w obu tych szkołach powinna cechować zasada równoległości. Wydaje się, że zasada ta jest nieodzownym warunkiem do równoczesnego wypełnienia dwóch zadań, stojących przed szkolnictwem, a mianowicie: 1) szybkiej, masowej produkcji specjalistów o wąskim zakresie przygotowania, 2) realizacji postępu, a więc wprowadzania wciąż nowych naukowych metod w zakresie projektowania, konstrukcji i fabrykacji do procesu gospodarczego w dziedzinie technicznej³⁾.

5. Fazy rozwojowe szkolenia technicznego.

Jeżeli tezy powyższe będą uznane za słuszne, to politechnika z 5^{1/2}-rocznym okresem studiów powinna przygotowywać techników, którzy potrafili samodzielnie wynajdywać metody i samodzielnie rozwiązywać zadania, a więc nie powinna ograniczać się do szkolenia w posługiwaniu się metodami wystudionymi dla aktualnego rozwiązywania chwilowo określonych zadań w danej specjalności. Niezbędne jest więc w szkole magisterskiej kształcenie naukowe, naukowe zaś prace twórcze i badawcze możliwe są jedynie z elementów fizyki.

Aby osiągnąć cel powyższy, należy zrewidować dotychczasowy pogląd na specjalizację i podział na kierunki studiów: zamiast specjalizacji w określonej gałęzi przemysłowej czy też określonej gałęzi energetycznej — czyli zamiast podporządkowania opracowywanych zagadnień określonej specjalizacji — należy punkt ciężkości kształcenia przenieść na wykształcenie podstawowe. Technika opiera się na nauce i posługuje się metodami naukowymi, należy więc przede wszystkim uczyć podstaw naukowych i rozwijać naukowy sposób myślenia. Tylko w ten sposób magister będzie mógł być przygotowany do rozwiązywania dowolnych zadań właściwych dla danego zadania metodami.

Kształcenie w metodyce pracy technicznej powinno odbywać się w niektórych — obieranych — częściach poszczególnych dziedzin elektrotechniki na konkretnych przykładach specjalnych.

Analiza procesu szkolenia technicznego wskazuje na istnienie trzech, a może nawet czterech faz rozwojowych szkolenia w szkole wyższej, jeżeli pominąć fazy występujące przed rozpoczęciem tzw. studiów wyższych, a mianowicie:

1) poznanie pojęć i praw oraz stworzenie ogólnego poglądu co do przebiegu zjawisk w przyrodzie zarówno pod względem jakościowym, jak i ilościowym;

2) poznanie związków między zjawiskami w przyrodzie i nabyć umiejętności wyszukiwania praw natury do zastosowań technicznych;

3) praca techniczna charakteru twórczego w dziedzinie konstrukcji, projektowania i fabrykacji; absolwent powinien wykazać się w ostatnim okresie swych studiów należytym przygotowaniem do tej pracy; wykazać może się przez skontrolowane przez odpowiedzialnych specjalistów rozwiązania konstrukcyjne, projektowe lub technologiczne, traktowane jako przykłady zastosowania nabytych wiadomości w czasie poprzednich faz procesu szkoleniowego; faza trzecia nie ustaje z chwilą ukończenia szkoły, lecz trwa długie lata w okresie pracy zawodowej.

Pierwsza faza polega na nauce pojęć praw i związków między nimi. Gruntowne przygotowanie w tej fazie procesu szkolenia decyduje o późniejszej wartości i możliwości działania. Podstawowe znaczenie powinny tu posiadać nauki fizyko-matematyczne, one bowiem odgrywają główną rolę w uświadamieniu studenta co do stanu nauki i co do metod myślenia naukowego. Ten odcinek procesu szkolenia powinien znajdować się pod specjalnie pieczołowitą opieką uczelni.

Dla technika prawa przyrody stanowią najważniejszą treść w tej fazie jego rozwoju, przez ich poznanie bowiem otrzymuje on podstawę do działania w dziedzinie konstrukcji, obliczeń i projektowania. Nauki fizyko-matematyczne powinny stać się szerokim i głębokim fundamentem, na którym szkoła i życie praktyczne budują przyszłą twórczość absolwenta; powinny stać się rezerwuarem wiadomości, z którego powinien on czerpać wskazówki do wszystkich praktycznych celów. Uzyskanie wiadomości szerokiej i nieskrępowanych zakresem wąskiej specjalizacji jest istotne nie tylko z punktu widzenia potrzeb prac naukowych i prac badawczych; również praktyczny kierunek później-

szej pracy zawodowej wymaga szerokiego zakresu wiadomości z nauk fizyko-matematycznych. Przesadne byłoby twierdzenie, że szerokie wiadomości z dziedziny matematyki, fizyki i chemii wystarczą do przygotowania technika do życia praktycznego, lecz człowiek o głębokiej wiedzy w tych naukach może więcej stworzyć dla postępu niż człowiek, mający encyklopedyczne wiadomości z nauk fizyko-matematycznych i wiele szczegółowych wiadomości z zakresu poszczególnych specjalności. Kształcenie w naukach podstawowych jest tak ważne, że zaniedbanie na tym odcinku może doprowadzić do całkowitego zahamowania postępu w technice.

Nie można zaprzeczyć, że gruntowne traktowanie dyscyplin teoretycznych przedłuża czas studiów, że postawienie sobie za cel szkolenia w politechnice absolwentów, przygotowanych do przyszłych zadań naukowych, nie może dać efektu natychmiastowego — w dniu ukończenia studiów. Przemysł nie może otrzymać absolwentów, którzy mogliby bezzwłocznie przystąpić do rozwiązywania konkretnych zadań i to w sposób praktykowany w danej gałęzi przemysłu, nawet wtedy, kiedy politechnika postawi sobie za cel wąską specjalizację. Wymaganie takie ze strony przemysłu prowadziłoby do skrupowania dyscyplin fizyko-matematycznych w ciasnych ramach czyli do takiego zacieśnienia zakresu dydaktyki, a z kolei również i zainteresowań naukowych, że przestałyby one spełniać swoją rolę ogólnego kształcenia studentów.

Drugą fazę procesu szkolenia stanowią dyscypliny ogólnotechniczne, jak elektrotechnika, mechanika stosowana, technika cieplna i inne. W tej fazie konkretyzują się podstawy otrzymane z dyscyplin fizyko-matematycznych, jednak w postaci możliwie ogólnej, a więc nie uwzględniającej żadnej specjalizacji. Celem tej fazy jest kształcenie ogólnotechniczne. W czasie tej student powinien poznawać korzystanie z praw natury do praktycznych zadań, tutaj więc realizuje się powiązanie pomiędzy zjawiskami a świadomym ich przebiegiem w technice. Oczywiście, nie ma wyraźnej granicy w czasie między pierwszą a drugą fazą; wzajemne zazębianie się ich wynika z potrzeb programowych, jak również z metod dydaktycznych. Niejednokrotnie wzajemne oddziaływanie dyscyplin pierwszej i drugiej fazy jest celowe z uwagi na wzajemne ożywianie podawanej tematyki. Student powinien opanować w drugiej fazie metody stosowane, które najpewniej prowadzą do pożądanego rezultatu.

Trzecia faza przygotowania w czasie studiów politechnicznych powinna polegać na tzw. specjalizacji czyli na opanowywaniu dyscyplin specjalnych. W tej fazie zakres studiowanych zagadnień zmniejsza się, a studia pogłębiają się. Podstawowym zadaniem szkolenia jest tu nabywanie umiejętności zastosowań naukowego poznania oraz metod przyswojonych wcześniej; na przykładach konkretnych urządzeń czy też przedmiotów projektowania, jak maszyny lub aparaty, a więc znanych i rozwiązanych już zadań technicznych student powinien się uczyć, które prawa i podstawowe kryteria są dla danego przypadku miarodajne i wskazane. Nabyta wiedza w czasie pierwszej i drugiej fazy z dyscyplin ogólnotechnicznych, jak wytrzymałość materiałów, materiałoznawstwo, podstawy elektrotechniki, technika wysokich napięć, nie tworzą same przez się konstruktora; dopiero zdolność precyzowania właściwej syntezy, polegająca na właściwym skierowaniu składowych i wyznaczeniu ich wielkości dla danego przedmiotu projektowania, umożliwia dojrzewanie konstruktora wzgl. projektanta urządzeń czy technologii.

Jako materiał projektowania powinien służyć materiał konkretny, pochodzący ze współczesnej praktyki, jednak nauka o tym materiale nie może stanowić celu samego w sobie i musi być traktowana, jako środek szkolenia w rozwiązywaniu zadań konkretnych za pomocą właściwie dobranych metod, czyli jako środek szkolenia w podstawach naukowych danej dyscypliny specjalnej. Jeśli w ten sposób spojrzymy na specjalizację w szkole magisterskiej, to stanie się możliwe zmniejszenie obfitości materiału przedmiotów specjalnych. Absolwent powinien być wykształcony w umiejętności myślenia technicznego, może on skończyć tę umiejętność na dowolnym, konkretnym przykładzie technicznym, ponieważ wszędzie natopka konieczność powiązania z prawami natury zagadnień materiałowych, wytrzymałościowych w szerokim pojmowaniu itp. Studia w różnych dziedzinach techniki różnią się między sobą jedynie różnym materiałem konstrukcyjnym i różnym wymiarem, jak również kierunkiem składowych, o których mowa była wyżej; cel ostateczny szkolenia powinien być wszędzie ten sam.

Elektrotechnik poznaje materiały konstrukcyjne — przewodzące, izolacyjne, magnetyczne, które w tej dziedzinie nauk technicznych znajdują zastosowanie. Z fizyki potrzebne są elektrotechnikowi prawa dotyczące pól elektrycznych, magnetycznych, przepływowych itp.; metody kombinacji tych praw są po-

³⁾ Rozważanie trybu uzyskiwania przez inżyniera stopnia magisterskiego — nim będzie przedyskutowany i zdecydowany pogląd na jakość absolwentów obu szkół — byłoby przedwczesne. Jest rzeczą niewątpliwą, że nawet w razie utrzymania równoległości szkolenia możliwość taka powinna być przewidywana.

dobne, jak w innych dziedzinach nauk technicznych, różne są jedynie materiały konstrukcyjne, jak również różne właściwości tych materiałów znajdujących swój wyraz w różnych dziedzinach techniki. We wszystkich dziedzinach wiedzy technicznej jednako technicy musi zdobyć wiadomości w dziedzinie konstrukcji czy projektowania, a więc musi nauczyć się metody pracy technicznej.

Przejdźmy teraz do tzw. specjalizacji. Oczywiście politechnika nie może dać zupełnych wiadomości, potrzebnych technikowi w pracy zawodowej, ani we wszystkich, ani w kilku specjalnościach, ani nawet w jednej specjalności. Czy słuszne jest wobec tego zbytne rozszerzanie objętości wykładów z dyscyplin specjalnych przez, bądź co bądź, powiększanie zasobu szczegółowych wiadomości z danej specjalności, nie przedstawiającego żadnej korzyści naukowej? Sedno naukowe dyscyplin gubi się wówczas w szeregu szczegółów przy równoczesnym obciążaniu siatki godzin.

Tu będzie na miejscu uwaga, że naturalnym dążeniem każdego sumiennie pojmującego swoje obowiązki specjalisty wykładowcy, jest jak najzupełniejsze nauczanie studenta w zakresie jego specjalności. W ten sposób można zatracić główny cel kształcenia magistrów, wiadomo bowiem, że technik tak czy owak będzie musiał w swej pracy zawodowej swoje wiadomości uzupełniać, a niejednokrotnie nabyte w czasie studiów wiadomości specjalne zapomnieć, a na ich miejsce zdobywać nowe w tej specjalności wzgl. w tych specjalnościach, do których powołują go potrzeby życia gospodarczego.

Zadanie politechniki powinno polegać na zapoznaniu studenta w ostatniej fazie procesu kształcenia z właściwą metodą pracy technicznej w ten sposób, aby uzupełnianie wzgl. przekształcanie wiadomości w pracy zawodowej mogło się odbywać samodzielnie, jak najszybciej, jak również aby stosunek absolwenta do spostrzeżonych elementów konstrukcji, technologii czy projektowania był krytyczny i właściwie uzasadniony. Pełnowartościowy magister powinien być człowiekiem o szerokim horyzoncie naukowym, albowiem on musi stanowić twórczy, postępowy, a więc naukowy element w przemyśle. Wprawdzie musi on uczyć się w przemyśle szeregu szczegółów, lecz nie powinien w nich tonąć; powinien zaś z szeregu praktycznych wiadomości wybrać najbardziej cenne z naukowego punktu widzenia, powinien praktykę analizować i z niej czerpać materiał do nowych teoretycznych rozważań, a śledząc rozwój techniki wprowadzać nowe osiągnięcia w praktyce.

Aby doprowadzić do powyższego celu podkreśliłobyśmy konieczność rozszerzenia zakresu dyscyplin ogólnokształcących i ogólnotechnicznych w pierwszej i drugiej fazie procesu szkolenia. Powiększanie programu w tych dyscyplinach nasuwa pytanie, w jakim stopniu i w jaki sposób należy w szkołach magisterskich prowadzić specjalizację i czy ją w ogóle prowadzić. Wydaje się rzeczą słuszną, aby w zakresie projektów przejściowych, jak również projektu dyplomowego, student miał w pewnych z góry ustalonych granicach swobodę ich wyboru i to z kilku pokrewnych specjalności.

Wykłady uzupełniające, potrzebne dla wyboru projektów oraz pracy dyplomowej, powinny rozpatrywać w swej tematyce problemy naukowe specjalne dla danej dziedziny projektowania, natomiast projekt sam powinien mieć charakter przykładu, w którym student korzysta ze wszystkich lub prawie wszystkich swych wiadomości, uzyskanych w latach studiów, łącznie z wiadomościami z wykładów problematyki specjalnej. Dla większej elastyczności wydaje się rzeczą słuszną, aby projekty, które mają na celu sprawdzanie umiejętności stosowania uzyskanych wiadomości teoretycznych, były dobierane nie z jednej, lecz z dwóch lub nawet trzech specjalności pokrewnych. W ten sposób zbliżylibyśmy absolwenta kursu magisterskiego do jego przyszłych zadań: spostrzegania zagadnień, formułowania ich i umiejętnego stosowania metod ich rozwiązania. Początkowy okres swej pracy zawodowej będzie on musiał poświęcić na wdrożenie się do pracy i zapoznanie ze szczególnymi zagadnieniami danego zakładu produkcyjnego i podporządkowanie ich odpowiednim wiadomościom podstawowym uzyskanym w politechnice.

Wydaje się, że przemysł zyskiwałby na szkoleniu niespecializowanych magistrów znacznie więcej niż na szkoleniu specjalistów. Politechnika, poświęcając nawet duży zakres szkolenia ogólnego na korzyść specjalizacji, nie może przygotować specjalisty, ponieważ nie może przystosować nauki do szczególnych wymagań przedsiębiorstwa, w którym absolwent otrzyma pracę. W przypadku nastawienia studiów na specjalizację przemysł może oczekiwać, że otrzyma specjalistów, którzy natychmiast rozpoczną pracę w sposób podobny, jak ją wykonują starzy pracownicy. Absolwent również miewa takie przeświadczenie. Zestawienie tych oczekiwań z rzeczywistością prowadzi

do rozgoryczenia: absolwent nie znajduje przychylniej oceny w przemyśle, przemysł wini sposób szkolenia; jest to nieuniknione, dopóki istnieje mylny pogląd na specjalizację. Wiąże się z tym szkoda ogólnogospodarcza z powodu straty czasu studenta w okresie studiów na przyswajanie sobie wiadomości specjalnych (które i tak będzie musiał w czasie pracy zawodowej bez trudności uzupełniać) kosztem zmniejszenia zakresu wiadomości podstawowych, które jedynie wyjątki potrafią uzupełnić sobie w czasie pracy zawodowej. Początkowy potencjał młodego magistrza wyspecjalizowanego w uczelni jest bez potrzeby zmniejszony i zmniejszone są w większości przypadków jego możliwości działania w przemyśle.

Należałoby szkołę magisterską traktować, jako pomoc w zakresie tych dyscyplin, które trudno jest uzupełnić w życiu praktycznym, i — odwrotnie — nie obciążać jej tematyką, w której właściwą szkołą jest szkoła życia w praktyce.

Z powyższych wywodów wynika, że trzeciej fazy studiów nie zakończymy w czasie studiów. Punkt ciężkości tej fazy przypada na okres pracy zawodowej, kiedy absolwent jest już znacznie swobodniej kierowany i pozostawiany przeważnie samemu sobie. Należy zaopatrzyć go w dostateczne narzędzie, którym są szerokie wiadomości podstawowe i właściwe ich powiązanie między sobą. Fizyka i matematyka nie powinny być ograniczane jedynie do potrzeb rozwiązań aktualnych, a ponadto wiadomości z fizyki teoretycznej powinny stanowić podstawę do uogólniania zjawisk, fizyka zaś atomowa i fizyka kwantów do zrozumienia istoty zjawisk. Należy rozszerzyć wiadomości podstawowe, jeżeli zależy nam na tym, aby nauka ożywiła praktykę, tzn. na postępie.

Konferencja wyłącznikowa jest właściwym miejscem do podkreślenia wartości proponowanego szkolenia magistrów dla potrzeb przemysłu aparaturowego. Przeżywamy obecnie szybki, lecz znajdujący się w stanie początkowym rozwój tej dziedziny wiedzy. Znajdujemy się jeszcze w fazie jakościowego rozpoznawania i powstawania mniej lub więcej usprawiedliwionych sformułowań empirycznych, natomiast konstruktorowi potrzebne jest ilościowe rozpoznawanie zjawisk. Tym bardziej potrzebne jest kształcenie magistrów, polegające na podawaniu wiadomości podstawowych i nie ograniczonych do dzisiejszych potrzeb tej specjalności elektrotechniki.

Wiemy, że wiedza w dziedzinie wyłączników nie tworzy ścisłe ograniczonej całości i zakres jej wybiega poza zakres elektrotechniki. Zazębiamy się ona równocześnie z szeregiem różnych działów dyscyplin fizyko-matematycznych i możliwości zastosowań już opanowanych działów fizyki, które nie zostały wyczerpane przez dotychczasowe badania w dziedzinie wyłączników. Aby umożliwić postęp w tej dziedzinie wiedzy, konieczne wydaje się kształcenie magistrów w zakresie wiadomości podstawowych nie skrópowanych specjalizacją. Należy ponadto podkreślić, że w miarę rozwoju nauki i techniki nieodzowność szkolenia specjalistów o szerokim profilu specjalizacji będzie wzrastała.

6. Schematyczny projekt szkolenia magistrów.

Jako pierwsze przybliżenie można wysunąć następujący schemat szkolenia magistrów na uczelniach politechnicznych.

1) Wydziały elektryczne (elektryczno-konstrukcyjny oraz energetyczny) powinny mieć wspólny jednolity program w ciągu pierwszych dwóch lat studiów.

2) Studenci wszystkich specjalności każdego wydziału powinni mieć wspólny program do trzeciego roku studiów włącznie.

3) Studenci pokrewnych specjalności powinni mieć jeden wspólny program do czwartego roku studiów włącznie.

4) Na piątym roku studiów studenci mieliby prawo doboru projektów i w związku z tym wyboru wykładów, jak również wyboru pracy dyplomowej w dwu, lub trzech kierunkach specjalizacji.

W ciągu pierwszych trzech lat studiów proces nauczania powinien obejmować następujące dyscypliny ogólnokształcące i ogólnotechniczne: 1) marksizm-leninizm, 2) matematyka, 3) fizyka, 4) mechanika teoretyczna, 5) wytrzymałość materiałów, 6) mechanika stosowana, 7) technologia materiałów i materiałoznawstwo, 8) elektrotechnika, 9) technika ciepła i teoria maszyn cieplnych.

Specjalizację główną na wydziałach elektrycznych powinny określać następujące dyscypliny: 1) elektrotechnika teoretyczna, 2) maszyny elektryczne, 3) technika wysokich napięć, 4) miernictwo elektryczne.

Studenci lat starszych powinni pod kierownictwem odpowiednich katedr otrzymać przygotowanie ogólne w następujących dyscyplinach ogólnych: 1) ekonomia polityczna, 2) ekonomia stosowana, 3) organizacja przedsiębiorstw.

Wszystkie wymienione — ogólnoteoretyczne i ogólnotechniczne — dyscypliny powinny określać przygotowanie studenta w zakresie podstawowym. Będą one kształcić studenta w ciągu czterech lat pobytu jego na uczelni. Ponieważ wymagana przepustowość odpowiednich katedr będzie bardzo duża i każde urządzenie będzie dobrze wykorzystywane, przeto nawet duże nakłady inwestycyjne na laboratoria będą opłacalne i można będzie pomyśleć o najbardziej nowoczesnej realizacji studiów w ciągu 4/5 okresu szkolenia studenta.

Katedry specjalne będą wypełniały swoje zadania w ciągu ostatniego roku studiów za pomocą następujących środków: a) wykłady o tematyce ściśle związanej z daną specjalnością i podające specyficzną metodykę; b) ćwiczenie studentów w zastosowaniu swych wiadomości nabytych w ciągu całego okresu studiów do rozwiązywania konkretnych przykładów; c) projekty przejściowe i dyplomowe; d) praktyki przemysłowe.

W odróżnieniu od szkół inżynierskich w szkołach magisterskich rola katedr specjalnych polegałaby na kształceniu studentów ostatniego roku, mających solidną podstawę fizyko-matematyczną oraz szerokie przygotowanie specjalne uzyskane na trzecim roku, do rozwiązywania zadań konkretnych. Opracowywanie projektów przejściowych i dyplomowych nie będzie stanowiło podstawy wiadomości absolwenta w wąskiej specjalności, lecz będzie jedynie przykładem umiejętności zastosowania zdobytych wiadomości do rozwiązań konkretnych.

Dyscyplinami spośród których studenci wybieraliby projekty, prace dyplomowe i wykłady z nimi związane na 5-tym roku

studiów, byłyby: 1) elektrotechnika teoretyczna, 2) technika wysokich napięć, 3) miernictwo elektryczne, 4) maszyny elektryczne, 5) przyrządy rozdzielcze, 6) przyrządy pomiarowe i przekładniki, 7) energetyka: siłownie i rozdziel, 8) gospodarka energetyczna, 9) napęd elektryczny, 10) technika przesyłu, 11) kolejnictwo elektryczne, 12) elektrotermia i inne.

Ramowe typy douszczalnych zestawień poszczególnych obowiązków projektów i wykładów powinny być opracowane wnikliwie przez powołane komisje doświadczonych pedagogów z udziałem przedstawicieli przemysłu. W zakresie tych ramowych programów powinny wchodzić również dyscypliny styżne, jak fizyka teoretyczna, termodynamika, elektronika, elektrochemia, specjalne działy matematyki i inne, służące do zaokrąglenia wiedzy z uwagi na powiązania z wybranymi zadaniami projektowymi.

Propozycje dotyczące realizacji programu nauczania nie zostały w uwagach powyższych wyczerpane nawet szkicowo. Wydaje się, że to zadanie przerasta siły jednostki i wymaga prac komisyjnych. W ramach niniejszego referatu chodziło o naświetlenie kwestii szkolenia w szkołach magisterskich, jak również o podkreślenie zasadniczej różnicy pomiędzy szkoleniem w tych szkołach a w szkołach inżynierskich; dalej — wobec pilnej konieczności opracowywania programów szczegółowych szkół magisterskich — chodziło o zbadanie stanowiska sfer przemysłowych w sprawach poruszonych; wreszcie chodziło o naświetlenie konsekwencji, które może pociągnąć dla rozwoju przemysłu w Polsce zajęcie tego czy innego stanowiska w poruszonych sprawach w bliskiej i dalszej przyszłości.

MGR INŻ. CZESŁAW BĘŁKOWSKI
Instytut Elektrotechniki

Drogi rozwojowe krajowej myśli konstruktorskiej w dziedzinie aparatury rozdzielczej

347.77:62.002.86:621.316.267 (091) (438)

Treść. Charakterystyka stanu przedwojennego. Struktura organizacyjna i ważniejsze prace biur konstruktorskich przemysłu aparatury w latach 1945—1953, osiągnięcia i niedomagania w tym okresie. Przyszłe zadania i potrzeby rozwojowe w zakresie wyłączników wysokiego napięcia, odłączników mocy, bezpieczników, odłączników, rozdzielni wolnostojących i wyłączników niskonapięciowych, wymienienie potrzebnych typów. Problem korzystania z konstrukcji licencyjnych. Zagadnienia wymagające opracowania naukowego. Zagadnienia surowcowe. Stworzenie biura konstruktorskiego przy Instytucie Elektrotechniki i powołanie rady naukowej.

Пути развития конструкторской мысли в области распределительных аппаратов. Характеристика довоенного положения. Организация и важнейшие работы конструкторских бюро в 1945—1953 гг., достижения и неудачи этого периода. Будущие задачи и необходимость прогресса в области выключателей высокого напряжения, раз'единителей, предохранителей, обособленных распределительных устройств, выключателей низкого напряжения — указание необходимых типов. Вопросы использования конструкций по лицензиям. Вопросы, требующие научной обработки. Вопросы сырья. Создание конструкторского бюро и научного совета при Электротехническом Институте.

The trends of development of Polish conceptions in switchgear design. Characteristics of the pre-war state of affairs. Organisational structure of, and the more important work carried out, during the period of from 1945 to 1955, by the design offices of the electrical apparatus industry; achievements made and shortcomings revealed during this period. Future tasks and requirements for developing the range of H. T. circuit-breakers, power disconnectors, fuses, disconnecting switches, independent switchboards and L. T. circuit-breakers; specification of types required. The problem of making use of licensed designs. Problems calling for scientific research. Raw material problems. Establishment at the Electrical Institute of an office for designs and appointment of a scientific council.

1. Charakterystyka okresu międzywojennego.

Rzecz krajowej myśli konstruktorskiej w dziedzinie aparatury rozdzielczej wysokiego i niskiego napięcia rozpoczął się po pierwszej wojnie światowej, jako ściśle związany z powstaniem przemysłu elektrotechnicznego. Początkowy okres, okres produkcji prostych aparatów powszechnego zastosowania, wobec opóźnionego rozwoju krajowego przemysłu elektrotechnicznego oparty był na kopiowaniu ustalonych konstrukcji zagranicznych, a więc nie wymagał prawie wcale inwencji konstrukcyjnej. W miarę rozwoju zarówno samego przemysłu, jak i zasięgu elektryfikacji, stawała się opłacalną produkcja coraz szerszego asortymentu.

Ponadto względy konkurencyjne i konieczność zapewnienia kompletności dostawy — celem niedopuszczenia udziału konkurenta — wymagały doraźnego doprojektowywania pewnych fragmentów i dorabiania ich w pojedynczych przypadkach lub w małych seriach. Było to szczególnie charakterystyczne dla okresu kryzysu gospodarczego w latach 1929 — 1934. Czynnikiem mobilizującym do wprowadzania nowych konstrukcji i postępu technicznego były więc żądania klienta i walka z konkurencją.

W tym okresie na czoło firm krajowych wysuwa się firma „K. Szpołański i S-ka, S. A.”, rozpoczynającą poważną już produkcję na skalę przemysłową aparatury rozdzielczej niskiego napięcia i wysokiego na podstawie licencji „Delle”. Drugą firmą produkującą aparaturę tego typu była firma „S. Kleiman”, wzorująca się na konstrukcjach Voigta-Haefnera.

Dopływ młodych kadr inżynierskich, głównie absolwentów politechnik warszawskiej i lwowskiej, rozszerza zakres możliwości przemysłu krajowego. Fabryka „K. Szpołański” zatrudnia pod koniec okresu międzywojennego już około 100 inżynierów na 1700 pracowników.

Naturalnym punktem wyjścia dla rozwoju myśli konstruktorskiej stały się produkowane konstrukcje licencyjne. Produk-

wano wówczas w małych seriach (rzędu 20 szt.) wyłączniki olejowe na napięcia do 30 kV, wyłączniki powietrzne na 6 kV, wyłączniki powietrzne bezsprężarkowe, małoolejowe na 30 kV oraz małoolejowe na 150 kV.

Powaznym osiągnięciem tego okresu było zaopatrzenie w sprzęt krajowej produkcji w r. 1937 linii 150-kilowoltowej na trasie Rożnów-Starachowice. Dostawy produkcji krajowej obejmowały: wyłączniki małoolejowe na 150 kV (z komorami importowanymi), przekładniki, odłączniki, izolatory z okuciami (produkcja fabryki „Boguchwała”), transformatory energetyczne (produkcji firmy „Rohn-Zieliński”). Aparatura pomiarowa i zabezpieczeniowa była importowana.

Należy jednak zaznaczyć, że wyłączniki wysokiego napięcia zarówno olejowe, jak małoolejowe i powietrzne w wykonaniu licencyjnym, wykazywały szereg niedomagań konstrukcyjnych i naturalną ambicją konstruktorów stało się ulepszenie tych konstrukcji.

Brak w kraju wszelkich możliwości laboratoryjnego wykonywania prób, brak powiązania potrzeb gospodarczych kraju ze skromnymi placówkami naukowymi, skupionymi wyłącznie przy wyższych zakładach naukowych, zdawały krajowych konstruktorów jedynie na własne siły i własną inwencję twórczą. Pierwszym momentem zwrotnym w tej dziedzinie było wykonanie w latach 1938 i 1939 przez konstruktorów firmy K. Szpołański szeregu prób zwarciovych na stacji doświadczalnej KEMA w Holandii oraz w zwarciovni firmy Delle we Francji. Poddawano próbom wyłączniki olejowe oraz wyłącznik małoolejowy i powietrzny.

Zbadano wówczas również pewne warianty konstrukcji własnych. Wyniki prób wypadły obiecująco dla rozwiązań krajowych, na których osiągnięto wyższe moce wyłączalne niż na aparatach oryginalnych licencyjnych. W wyniku tych prób w latach następnych, wkraczających już w okres wojenny i okupacyjny, nastąpiło przekonstruowanie wyłącznika olejowego (zmniejszenie

wymiarów i zwiększenie mocy wyłączalnej), wyłącznika małoolejowego na 30 kV (obecny typ 695) oraz wyłącznika powietrznego na 6 kV.

Ogólnie biorąc okres przedwojenny można scharakteryzować jako okres pierwszych prób konstrukcji własnych, opartych na podstawie dostępnych konstrukcji licencyjnych, jak również okres rozwoju szerokiego asortymentu konstrukcji aparatury pomocniczej i sterującej, niezbędnej dla dostaw kompletnych. Biura konstrukcyjne liczą — w stosunku do ogółu zatrudnionych — znaczną liczbę inżynierów. Prace poszczególnych komórek konstrukcyjnych nie są jednak kierowane według jakiegoś planu obliczonego na dalszą metę i opartego na rozwojowych potrzebach gospodarczych kraju, a są raczej wynikiem względów koniunkturalnych: styl pracy biur konstrukcyjnych jest dostosowany do potrzeb chwili, produkcja jest typu małoseryjnego, dokumentacja konstrukcyjna ma charakter szkieletowy.

Bezpośredni stały kontakt konstruktora z wykonawcą jest niezbędny. Kontakt ten, aczkolwiek bardzo pouczający dla konstruktora, nie pozwala jednak na zorganizowanie produkcji na poziomie współczesnego wielkiego przemysłu. Skromne zapotrzebowanie krajowe nie uzasadniało zresztą rozwinięcia produkcji aparatury łączeniowej wysokiego napięcia na skalę wielkoseryjną.

W okresie okupacyjnym nie było żadnych warunków dla rozwoju myśli konstruktorskiej. Produkcja była oparta na dokumentacji dostarczonej przez niemieckie koncerny z macierzystych centralnych biur konstrukcyjnych. Zamknięcie wyższych uczelni zatrzymało na 6 lat dopływ młodych kadr inżynierskich.

2. Charakterystyka okresu 1945—1950 r.

Przemysł elektrotechniczny był jednym z przemysłów, które uległy największemu zniszczeniu w końcowej fazie wojny; wielka dynamika odbudowy życia gospodarczego kraju wymagała szybkiego uruchomienia produkcji choćby podstawowych aparatów rozdzielczych. Dlatego też pierwszym zadaniem powojennym biur konstrukcyjnych było umożliwienie uruchomienia produkcji przez odtworzenie zniszczonej dokumentacji konstrukcyjnej asortymentu, przyswojenie już produkcyjnie przez dany zakład. Nie było czasu ani realnych możliwości przeanalizowania celowości wznawiania produkcji poszczególnych asortymentów. Szczupłość kadr technicznych, wyniszczony okres okupacyjnym, oraz brak dopływu nowych kadr — wobec braku wyższych uczelni — uniemożliwiło rozpoczęcie prac na szerszą skalę.

W tym czasie przemysł musiał się przestawiać z dotychczasowego systemu produkcji małoseryjnej na produkcję średnio- i wielkoseryjną; stawiało to przed konstruktorami nowe wymagania: przystosowania konstrukcji do technologii produkcji wielkoseryjnej oraz bardziej skomplikowanego ujęcia formalnego dokumentacji konstrukcyjnej. Jednocześnie brak było normalizacji w dziedzinach: surowcowej, detali powszechnego zastosowania, wymagań technicznych dla opracowywanej aparatury, jak również normalizacji dokumentacji od strony formalnej. Styl pracy konstruktorów nie miał więc właściwego oparcia w normach i greszył dowolnością.

W tym okresie zostały zorganizowane dwa biura konstrukcyjne: Centralne Biuro Studiów i Konstrukcji Aparatury Niskiego Napięcia w Łodzi oraz Centralne Biuro Studiów i Konstrukcji Aparatury Wysokiego Napięcia przy Zakładzie A-1 w Warszawie. Biura te, jako centralne, były organizacyjnie podporządkowane bezpośrednio ówczesnemu Zjednoczeniu Przemysłu Aparatów Elektrycznych.

Zadaniem chwili pierwszego z tych biur było odtworzenie, względnie sporządzenie, dokumentacji aparatury niskiego napięcia dla zakładów produkcyjnych, znajdujących się na terenie Łodzi, w szczególności dla dawnej montowni Siemens, która w czasie okupacji produkowała masowo przy współpracy z innymi wytwórniami szereg aparatów (styczniki, nastawniki itp.) nie mając pełnej dokumentacji, a jedynie odbitki rysunków i to niekompletne.

Drugie z wymienionych biur musiało przystąpić do odtworzenia zniszczonego archiwum rysunkowego oraz podjęło kontynuowanie prac nad konstrukcjami wyłączników wysokiego napięcia, nawiązując do doświadczeń uzyskanych w latach 1938 — 1939 r. w KEMA i u Delle'a. W wyniku opracowano modele wyłączników małoolejowych na 6 kV, 60 kV, 110 kV z komorami elastyczną i różnicową. Prace te jednak nie mogły być doprowadzone do końca ze względu na brak urządzeń laboratoryjnych doświadczalnych i niemożność dokonywania prób ani wytrzymałościowych, ani dynamicznych, a tym bardziej zwarciowych. Do produkcji wprowadzono jedynie wyłącznik powietrzny, zawierający szereg oryginalnych rozwiązań konstrukcyjnych w stosunku do typu przedwojennego (np. oddzielne zawory powietrzne we wszystkich biegach, inne rozwiązania konstrukcyjne zbiornika powietrza, skośne umieszczenie kominek wydmuchowych itp.).

Trzecim poważniejszym ośrodkiem konstrukcyjnym w kraju, o którym należy wspomnieć, było biuro konstrukcyjne przy fabryce aparatów w Bielsku. Biuro to opracowało szereg konstrukcji, opartych na wzorach zagranicznych, z zakresu aparatury rozdzielczej niskiego napięcia dla potrzeb hutnictwa i aparatury dźwigowej w skali produkcji jednostkowej i małoseryjnej.

Koniec rozważanego okresu w wytwórczości przemysłu elektrotechnicznego charakteryzuje akcja uporządkowania asortymentów produkcyjnych. Poszczególne zakłady miały poprzednio bardzo szerokie i często ząbające się programy produkcyjne z pomieszczeniem produkcji jednostkowej, małoseryjnej i wielkoseryjnej; uniemożliwiała to racjonalne zorganizowanie produkcji. Ponadto niektóre asortymenty były produkowane równolegle w kilku zakładach, w ilościach stosunkowo małych. Niestety, do akcji uporządkowania — niewątpliwie celowej i koniecznej — nie włączono jednak właściwego ustawienia tematyki biur konstrukcyjnych drogą łącznej rewizji asortymentu już produkowanego i nowego dopiero projektowanego.

3. Charakterystyka okresu 1950 — 1953 r.

W ostatnim okresie rozwojowym, w latach 1950 — 1953, nastąpiła zmiana organizacyjna, polegająca na podporządkowaniu biur konstrukcyjnych dyrekcjom zakładów wytwarzających, przy których biura te miały swe siedziby. Podzielono jednocześnie biura na przyfabryczne, przewidziane do obsługi miejscowego zakładu, i przewodnie, mające za zadanie (poza obsługą miejscowego zakładu) obsługę i innych zakładów o podobnym charakterze produkcyjnym; biura przewodnie miały ponadto nadawać kierunek biurom przyfabrycznym tej samej dziedziny konstrukcyjnej i nadzorować je. Dwa wymienione w rozdz. 2 centralne biura zostały przekształcone w biura przewodnie, których podstawową tematyką i planem pracy kierował bezpośrednio Centralny Zarząd Przemysłu Elektrotechnicznego. Zaczyna krzepnąć system pracy według planów rocznych i egzekwowanie wykonawstwa tych planów, co wpływa na ich urealnienie. Dojrzała wśród konstruktorów zrozumenie znaczenia normalizacji; np. założenia konstrukcyjne opracowywanego ostatnio wyłącznika niskiego napięcia przewidują już budowę „kostkową”. Znaczący to, że poszczególne elementy wyposażenia, jak cewki zanikowa i wybijałowa, elementy wyzwalaczy termicznych i elektromagnetycznych, łącznik pomocniczy oraz napęd elektromagnetyczny zostały ujednolicone i stanowią samodzielne zespoły, które — zależnie od wymagań odbiorcy — wbudowuje się do wyłącznika. Rozpoczyna się również praca nad normalizacją schematów i wyposażenia rozdzielni osłoniętych niskiego i wysokiego napięcia.

W dziedzinie łączników można uznać, że problemy wytrzymałości termicznej, dynamicznej oraz problem styku zostały już przez konstruktorów opanowane, natomiast problem gaszenia łuku, jako najtrudniejszy i wymagający opracowania laboratoryjnego, wciąż jeszcze nastęrcza trudności i dotychczas nie mamy ustalonego typu konstrukcyjnego komory gaszącej ani dla wysokich, ani dla niskich napięć.

Jesteśmy nadal w poszukiwaniu następujących koncepcji konstrukcyjnych: nowoczesnego wyłącznika instalacyjnego niskiego napięcia na prądy 60, 100 i 200 A, serii styczników do pracy ciężkiej na duże liczby łączy, prostego odłącznika mocy dla napięć 6 i 15 kV i bezpieczników wysokiego napięcia wielkiej mocy.

Najważniejszym osiągnięciem tego okresu jest zapoczątkowanie realizacji następujących środków, mających zasadnicze znaczenie dla rozwoju konstrukcji:

1) współpraca z placówkami naukowymi, przede wszystkim z Instytutem Elektrotechniki i katedrami wyższych uczelni, i tworzenie podbudowy naukowej do projektowanych koncepcji konstrukcyjnych;

2) tworzenie własnych laboratoriów przyfabrycznych oraz konkretne widoki na posiadanie zwarciowni krajowej (pełna realizacja tych zamierzeń jest sprawą pilną);

3) udostępnienie wielkiej zwarciowni czeskosłowackiej dla prób naszych konstrukcji.

Konsekwentnie i wytrwale kontynuowanie zapoczątkowanych wysiłków w wymienionych dziedzinach przy opiece i poparciu władz stworzy niezbędne podstawy do wykonania zadań stojących przed konstruktorami krajowymi.

Jednocześnie należy wymienić następujące ujemne zjawiska organizacyjne z omawianego okresu:

1) podział przewodniego biura konstrukcyjnego wysokich napięć na dwa w istocie przyfabryczne — przy zakładach A-1 i A-10 — osłabił znacznie tę ostatnią grupę; do tego należy dodać pewien odływ poważnych sił konstruktorskich do innych przemysłów;

2) zbyt mały dopływ do biur konstrukcyjnych nowych kadr inżynierskich o odpowiedniej specjalizacji;

3) kierowanie przez biura przewodnie pracą biur przyfabrycznych oraz obsługa innych zakładów poza macierzystym nie ziszczy oczekiwań: biura okazały się niezdolne do wymaganej w danym razie ekspansji zarówno koncepcyjnej, jak i wykonawczej; należy również podkreślić brak bezpośredniego zainteresowania dyrekcji zakładu, któremu podporządkowane jest biuro przewodnie, sprawami pozostałych zakładów obsługiwanych przez to biuro.

Poza tym przyczyny wewnętrzne ujemnych stron w pracy biur konstrukcyjnych można by scharakteryzować w następujący sposób:

- 1) brak śmiałości w pracy wielu konstruktorów, spowodowany niemożnością dokonywania prób laboratoryjnych i badania modeli swych konstrukcji;
- 2) brak w dostatecznej ilości norm, warunków technicznych, wzorów i materiałów katalogowych, stanowiących punkt wyjściowy do pracy konstruktorskiej;
- 3) brak dostatecznej podbudowy naukowej do rozwiązywania niektórych problemów;
- 4) niedostateczny udział inżynierów-mechaników w obsadzie biur konstrukcyjnych, na skutek czego opracowywane konstrukcje wykazują usterki w zakresie kinematyki układu i racjonalności rozwiązania strony konstrukcyjno-mechanicznej, tak istotnych dla aparatury rozdzielczej;
- 5) niedostateczna znajomość ze strony niektórych konstruktorów metod technologicznych nowoczesnej produkcji, niedostateczne wnikanie w przyszłą technologię produkcji opracowywanej konstrukcji;
- 6) demobilizujący wpływ niezdolności większości zakładów do szybkiego uruchomienia produkcji nowo opracowanej konstrukcji na skutek niezharmonizowania pracy biur konstrukcyjnych z pracą biur technologicznych i narzędziowni;
- 7) brak odpowiednio wyposażonych warsztatów prototypowych.

4. Drogi rozwojowe konstrukcji aparatów elektrycznych w związku z ogólnym planem rozwoju różnych dziedzin gospodarczych kraju.

Jedną z podstaw uprzemysłowienia kraju jest rozwój energetyki, który z kolei opiera się na przemyśle elektrotechnicznym. Stąd wypływa wniosek, że przemysł elektrotechniczny powinien w swym rozwoju wyprzedzać inne przemysły.

Włączniki wysokiego napięcia. Nasz stan posiadania na tle potrzeb w dziedzinie wyłączników wysokiego napięcia ilustruje tabl. I.

W grupie wyłączników olejowych na 10–30 kV mamy dobre konstrukcje, które z pewnością będą spełniać swe zadanie jeszcze przez szereg lat. Dla uzupełnienia zakresu ich stosowania niezbędne jest jednak nowoczesne rozwiązanie ich zdalnego

próbowany typ radziecki WMG-133 nie może służyć za protoplastę rodziny, gdyż ze względów konstrukcyjnych nie może być podstawą dla typów pochodnych na napięcia wyższe niż 10 kV. Potrzebne byłyby w tej grupie wyłączniki:

- a) na 15 kV — wewnętrzny, na prąd znamionowy 400 A, dla przyszłej rozbudowy sieci miejskich;
- b) na 30 kV — wewnętrzny i napowietrzny dla zastąpienia ciężkiego i pracochłonnego, a przestarzałego już typu 695 (obecnie produkowanego);
- c) na 110 kV — napowietrzny o zdolności wyłączania do 1500 MVA, pozwalający ograniczyć stosowanie drogiego wyłącznika WW-110 o dużej zdolności wyłączania (2500 MVA) tylko do przypadków uzasadnionych mocą zwarciovą.

Istniejący poważny wkład w opracowane krajowe modele i obiecujące wyniki pierwszych prób typu wewnętrznego 30-kilowoltowego z komorą tłokową uzasadniają celowość postawienia tego zadania przed krajowymi konstruktorami jako czołowego tym bardziej, że w tej dziedzinie nie możemy liczyć na pomoc Związku Radzieckiego, w którym napięcie 15 kV w ogóle nie jest stosowane.

W grupie wyłączników powietrznych dla potrzeb ciężkiego przemysłu należałoby udoskonalić konstrukcję obecnie produkowanego wyłącznika powietrznego na 6 kV, 1000 A, o sprawdzonej zdolności wyłączania 225 MVA, w kierunku powiększenia tej mocy do 400 MVA, zmniejszenia możliwości powstawania przepięć przy wyłączaniu, zabezpieczenia przeciw możliwości załączania i wyłączania przy niedostatecznym ciśnieniu powietrza w zbiornikach, jak również opracowania typów pochodnych na 6 kV, 2000 A oraz typu na 15 kV.

Wyłączniki ekspansyjne (wodne) i gazujące nie były dotąd przedmiotem ani produkcji krajowej, ani też studiów w biurach konstrukcyjnych. W wyłącznikach tych typów zainteresowane jest górnictwo oraz inne gałęzie przemysłu, pragnące ze względów bezpieczeństwa unikać wprowadzania palnego materiału, jakim jest olej, do pomieszczeń rozdzielni, jak również skomplikowanych urządzeń sprężarkowych do wyłączników powietrznych. Nie wydaje się, aby biura konstrukcyjne mogły podjąć tę tematykę bez uprzedniego teoretycznego przygotowania tych problemów w placówkach naukowych, tym bardziej, że wymaga to przygotowania przemysłu chemicznego do produkcji odpowiednich surowców.

Pewne prace w dziedzinie wyłączników na gaz twardy były wykonywane w Zakładzie Wysokich Napięć Politechniki Gdańskiej. Jeśli Zakład ten znajdzie możliwość wykonania niezbędnych prób, wyniki jego prac mogłyby stać się podstawą do przeniesienia tej sprawy w przyszłości na teren biur konstrukcyjnych przemysłowych.

Odłączniki mocy. Istniejącą konstrukcję odłącznika powietrznego należy uznać za przestarzałą i wymagającą zbyt

Moc (MVA)	6 kV	15 kV	30 kV	60 kV	110 kV	220 kV
100	WOW — 400 A	—	—	—	—	—
200	WMW — 600 A	WOW — 400 A	—	—	—	—
200	(WMG — 133)	WON — 400 A	—	—	—	—
300	—	—	WON — 600 A	—	—	—
400	WPW — 1000 A	WMW — 400 A	—	—	—	—
400	WPW — 2000 A	—	—	—	—	—
600	—	WPW — 1000 A	—	—	—	—
800	—	—	WMW — 600 A	—	—	—
800	—	—	WMN — 600 A	—	—	—
1000	—	—	—	—	—	—
1500	—	—	—	—	WMN — 600 A	—
2500	—	—	—	—	WPN — 600 A	?
2500	—	—	—	—	(WW — 110)	—
3500	—	—	—	—	—	?

Tablica I.

Oznaczenia do tabl. I
WOW — wyłącznik olejowy wewnętrzny WMN — wyłącznik małoolejowy napowietrzny
WON — „ „ napowietrzny WPN — „ „ powietrzny wewnętrzny
WMW — „ „ małoolejowy wewnętrzny WPN — „ „ napowietrzny

Zwykłym drukiem podano typy produkowane, kursywą — typy nieprodukowane a potrzebne

sterowania napędem elektromechanicznym oraz przystosowanie do wymagań SPZ w dwóch wariantach: dla stacji mających niezależne od sieci źródło energii napędowej oraz dla małych stacji końcowych nie mających takiego źródła energii (SPZ z napędem sprężynowym lub grawitacyjnym).

W grupie wyłączników małoolejowych zagadnienie wymaga jeszcze rozwiązania. Ze względów produkcyjnych możliwe duży zakres napięć winien być pokryty rodziną wyłączników o jak największej liczbie wspólnych części i podzespołów, przy czym najważniejszymi podzespołami są tu komora gasząca i napęd. Ze względów oszczędności inwestycyjnych ważne jest uzyskanie rozwiązań małowymiarowych dla typów wewnętrznych. Niestety, wy-

wyduje się tu uzyskanie licencji zagranicznej (np. z NRD).

Odłączniki. Istniejące konstrukcje wymagają modernizacji — zarówno typy wewnętrzne, jak i napowietrzne. Nowe rozwiązania winny być uniwersalne pod względem możliwości dostosowania napędów zarówno ręcznych, jak i pneumatycznych oraz elektromechanicznych (te ostatnie dla wykonania napowietrznych), winny przewidywać możliwość dobudowy łączników sygnałowych (umożliwiających montaż przewodów pod napięciem odłącznika) oraz ryglowanie elektromagnetyczne. Te zadania winny być rozwiązane przez krajowych konstruktorów własnymi siłami.

Ponadto należy opracować dobrą konstrukcję odłącznika z nabudowanymi bezpiecznikami.

Rozdzielnie wolnostojące. Staly wzrost ilościowy produkcji rozdzielni wolnostojących i nastawny nakład na biura konstrukcyjne zadanie ciągłego wkładu pracy w projektowanie tych urządzeń z uwagi na odmiennosc schematów poszczególnych rozdzielni. Podstawowym zadaniem w tej dziedzinie jest jak najdalej posunięta normalizacja i standaryzacja zarówno pod względem schematów, jak i ujęcia konstrukcyjnego poszczególnych elementów oraz całych pól rozdzielni.

Tu wydaje się niezbędny współdział biur projektowych takich, jak np. „Elektroprojekt”, „Energoprojekt” i innych, przy czym narzuca się następująca forma współpracy: biura projektowe opracowałyby normalizację schematów, biura zaś konstrukcyjne przemysłowe — normalizację elementów wyposażenia i konstrukcji pól. Dotychczasowa praktyka wskazuje, że biuro konstrukcyjne przemysłu nie jest w stanie rozwiązać całości tego zagadnienia. Należy podkreślić, że normalizacja schematów w powiązaniu z normalizacją elementów wyposażenia da pełne wyniki dopiero wówczas, jeżeli będzie jak najszerzej rozpowszechniona drogą odpowiednich publikacji i katalogów we wszystkich komórkach projektowych w kraju. Normalizacja powyższa nie ograniczy się jedynie do prac porządkowych, ale spowoduje konieczność doprojektowania szeregu elementów, szczególnie z dziedziny aparatury sterowniczo-sygnalizacyjnej i napędowej.

Wyłączniki niskonapięciowe. W dziedzinie wyłączników samoczynnych niskich napięć ustalono następujące założenia:

- 1) przydatność dla prądu zarówno zmiennego, jak i stałego;
- 2) napięcie znamionowe — 1000 V;
- 3) konstrukcja winna być tak opracowana, aby jak największa liczba podzespołów była wspólna dla całej rodziny wyłączników, tzn. od najmniejszych; w szczególności dotyczy to takich elementów wyposażenia, jak napęd, łączniki pomocnicze, wyzwacze i inne;
- 4) spełnianie wymagań stawianych sprzętowi morskiemu;
- 5) zasadniczy szereg wielkości ma wynosić:

prąd znamionowy	znamionowa zdolność wylączania (przy 500 V)
200 A	15 kA
400 A	25 kA
600 A	25 kA
1000 A	25 kA
1600 A	40 kA
2500 A	40 kA

- 6) konstrukcja ma być przystosowana do napędu zdalnego. Na podstawie powyższych założeń opracowano w Biurze Konstrukcyjnym Zakładu A-8 prototyp rodziny wyłączników oznaczony jako typ APU. Jego badania i próby są w toku*).

5. Problem wyzyskania konstrukcji licencyjnych.

Ponieważ mamy jeszcze wiele do nadrobienia w stosunku do współczesnego poziomu elektrotechniki światowej, byłoby błędem opierać się wyłącznie na własnych koncepcjach konstrukcyjnych, zwłaszcza wobec możliwości korzystania z pomocy technicznej Związku Radzieckiego; toteż słusznie przyjęto założenie, żeby w tych dziedzinach, gdzie to jest możliwe, korzystać z pomocy licencyjnej lub przystosowywać wypróbowane konstrukcje zagraniczne.

W zakresie wyłączników wysokonapięciowych poszliśmy po tej drodze, uzyskując licencje na wyłącznik typu WMG-33 malolejowy wewnątrzowy na 10 kV (400 A, 200 MVA przy 6 kV), którego uruchomienie produkcji jest już poważnie zaawansowane, oraz na wyłącznik powietrzny 110-kilowoltowy typu WW-110 (600 A, 2500 MVA), którego prototyp jest już w wykonaniu. Ponadto w trakcie uruchomienia jest produkcja wyłączników szybko działających prądu stałego typu WAB-2 w wykonaniach na 600, 1500 i 3000 V i na obciążalność 600, 2000 i 3000 A.

Uogólniając problem korzystania z licencji w pełnym zakresie, należy dojść do wniosku, że przystosowanie produkcji zagranicznej do warunków krajowych wymaga ich uprzedniej analizy dla uzyskania dobrych wyników. W szczególności należy brać pod uwagę względy następujące:

- 1) Skala zamierzonej produkcji krajowej musi być tego samego rzędu, co produkcja macierzysta danego wyrobu, gdyż nowoczesne konstrukcje są zawsze przystosowane pod względem technologicznym do założonej wielkości produkcji.

- 2) Musi być zachowane podobieństwo wytwórczości surowców i rozwoju przemysłów pomocniczych u nas i w kraju licen-

cjonawcy. W przeciwnym wypadku mogą powstać trudności nie do pokonania przy produkcji według dokumentacji licencyjnej. Np. dokumentacja licencyjna na aparaty z zastosowaniem „gazu twardego” (winiplast, plexiglas itp.) nie może być przystosowana do naszych potrzeb, póki nie opanujemy w kraju produkcji tych materiałów lub nie zapewnimy sobie stałego importu.

- 3) Musi istnieć podobieństwo technologii wykonawstwa i wyposażenia w środki produkcji w zakładzie przyjmującym licencję i w zakładzie macierzystym.

- 4) Musi istnieć podobieństwo systemów i układów, w których mają pracować aparaty licencyjne, jak również podobieństwo urządzeń współpracujących np. w zakresie urządzeń rozdzielczych — dopasowanie poziomu izolacji, możliwość współpracy z krajowymi układami sterującymi i napędowymi itp.

- 5) Musi istnieć możliwość odbycia koniecznych praktyk dla konstruktorów, technologów, personelu kontroli i produkcji w zakładach macierzystych.

- 6) Z uwagi na szczególny charakter produkcji krajowej, dla której typowa jest produkcja maloseryjna i seryjna, a wyjątkowo tylko wielkoseryjna, jest rzeczą pożądaną, aby konstrukcja licencyjna dawała możliwość stworzenia na podstawie tych samych elementów całej rodziny aparatów, odpowiadającej możliwie szerokiemu zakresowi napięć i prądów znamionowych, jak to jest np. w przypadku wyłączników szybkich prądu stałego typu WAB-2.

- 7) Musi być zapewniona kompletność dokumentacji w zakresie elementów i podzespołów współpracujących z zasadniczym aparatem (wyposażenie pomocnicze), może się bowiem zdarzyć, że ze względu na inny podział produkcji w kraju macierzystym niektóre istotne elementy nie będą objęte dokumentacją, jako podzespoły zakupowane z innego zakładu produkcyjnego.

Konkretnie w stosunku do aparatury rozdzielczej i łączeniowej wydaje się, że w obecnym stanie korzystanie z licencji w grupie wyłączników dla napięć średnich (3—30 kV) musi być z wyżej przytoczonych względów traktowane z dużą ostrożnością, w grupie natomiast bezpieczników oparcie się na licencji należy poważnie brać pod uwagę.

6. Ważniejsze zagadnienia wymagające podbudowy naukowej i współpracy z instytucjami naukowymi.

Biura konstrukcyjne winny z reguły pracować w porozumieniu z placówkami naukowymi; w szczególności następujące tematy wymagają opracowania teoretycznego i naukowego:

- a) teoria przebiegu zjawisk gaszenia łuku w komorach wyłączników malolejowych wysokiego napięcia;
- b) teoria przebiegu zjawisk gaszenia łuku w komorach suchych wyłączników niskiego napięcia;
- c) teoria przebiegu zjawisk gaszenia łuku w bezpiecznikach wielkich mocy;
- d) zagadnienie przepięć, powstających przy wylączaniu w wylącznikach powietrznych;
- e) zagadnienie koordynacji izolacji i produkcji aparatury rzędu R20; przedyskutowanie pod tym względem normy PNE-05001 dla wprowadzenia przepisów obowiązujących zarówno przemysł, jak i eksploatorów;
- f) kinematyka mechanizmów wyłącznikowych;
- g) zakres stosowania materiałów mniej deficytowych na elementy obwodów przewodzących;
- h) warunki techniczne i tabela parametrów znamionowych, będących wytycznymi do założeń przy projektowaniu nowych typów aparatury łączeniowej niskiego napięcia, jak również podstawą dla rewizji konstrukcji typów istniejących.

7. Ważniejsze zagadnienia surowcowe, wymagające rozwiązań dla racjonalnego rozwoju konstrukcji aparatury rozdzielczej.

Racjonalny rozwój konstrukcji aparatury rozdzielczej wymaga odpowiedniego zaopatrzenia surowcowego, w szczególności w zakresie materiałów izolacyjnych, wytwarzanych przez krajowy przemysł chemiczny. Ważność tego zagadnienia podkreśliła już Polska Akademia Nauk, która włączyła sprawę materiałów izolacyjnych syntetycznych do problemów szczególnie ważnych dla naszej gospodarki narodowej.

Dla konstrukcji aparatury rozdzielczej istotne są następujące materiały:

- a) materiały ceramiczne na komory łukowe dla wyłączników niskich napięć i styczników do 6 kV;
- b) masy izolacyjne do zalewania, stosowane w celu uzyskania małych gabarytów w urządzeniach rozdzielczych dolowych wysokiego napięcia dla przemysłu węglowego;
- c) masy izolacyjne termiczne utwardzalne stosowane obecnie za granicą do uzyskiwania monolitowych malogabarytowych izolatorów przepustowych, przekładników wysokiego napięcia itp.;
- d) materiały gazujące do wyłączników, odłączników mocy i odgromników;

*) Szczegółowe wnioski i proponowany kierunek rozwojowy łączników niskonapięciowych opisał inż. Zb. Woynarowski w artykule pt. „Łączniki niskonapięciowe” (Przegl. Ele., 1953, z. 4, str. 158).

e) lakiery izolacyjne odporne na łuk.

Ponadto istotnymi dla rozwoju konstrukcji są zagadnienia związane z technologią spieków, a w szczególności twardych spieków na styki oraz materiałów sprężystych nie magnetycznych (fosforobraz, brąz berylowy itp.).

8. Wnioski końcowe.

Wykonanie zadań stojących przed naszymi biurami konstrukcyjnymi w dziedzinie aparatury łączeniowej, osiągnięcie pełnej wydajności ich pracy z dobrymi wynikami, zapewnienie właściwego kierunku myśli konstruktorskiej — wszystko to wymaga spełnienia szeregu warunków natury organizacyjnej i zapewnienia odpowiednich środków działania. W obecnej sytuacji ważniejsze problemy są następujące:

1) Należy ustalić pełny długofalowy plan potrzeb rozwojowych aparatury łączeniowej na podstawie planów rozwojowych krajowej energetyki i kluczowych gałęzi przemysłu oraz opracować warunki techniczne, które stanowiłyby obowiązujące wytyczne do założeń konstrukcyjnych potrzebnej aparatury.

2) Należy stwierdzić, że nie posiadamy dotąd wyrobionej szkoły konstruktorskiej w dziedzinie aparatury łączeniowej wysokiego napięcia. Stworzenie tej szkoły możliwe jest jedynie na podstawach naukowych i przy pomocy odpowiednich laboratoriów. Biura konstrukcyjne przemysłowe nie mogą obecnie zapewnić potrzebnych do tego warunków, wydaje się więc rzeczą najslusniejszą powołanie przy Instytucie Elektrotechniki biura konstrukcyjnego, którego zadaniem byłoby opracowywanie prototypów i dokumentacji w zakresie projektów wstępnych dla wyłączników i odłączników mocy wysokiego napięcia oraz bezpieczników wielkiej mocy; ponadto biuro to przejęłoby rolę biura przewodniego w stosunku do przemysłowych biur przyfabrycznych aparatury wysokiego napięcia w zakresie koordynacji tematyki pracy tych biur dla zapewnienia właściwego kierunku rozwojowego konstrukcji i zabezpieczenia pokrycia potrzeb gospodarki krajowej, wynikających z planów długofalowych.

3) Powołanie wyżej wspomnianego biura konstrukcyjnego przy Instytucie nie powinno w żadnym wypadku wpłynąć demobilizująco na przemysł w zakresie rozbudowy przyfabrycznych biur konstrukcyjnych i tworzenia niezbędnych dla pracy tych biur laboratoriów i warsztatów modelowych. Na biurach tych bowiem będzie ciążyć bardzo odpowiedzialna praca w zakresie modernizacji konstrukcji produkowanych, opracowywania konstrukcji napędów aparatury sterowniczej i sygnalizacyjnej, odłączników, jak również pełnego asortymentu aparatury łączeniowej niskiego napięcia oraz bieżącej obsługi zakładu. Działalność tych biur tylko częściowo byłaby więc związana z wykonywaniem bieżącego planu produkcyjnego zakładu, w znacznej zaś części opierałaby się na wykonywaniu własnego planu długofalowego, stanowiącego istotną część planu technicznego rozwoju przemysłu.

4) Należy zapewnić ze strony szkolnictwa wyższego dostateczny wpływ świeżych sił technicznych na stopniu inżynierskim i magisterskim o specjalizacji, dostosowanej do potrzeb biur konstrukcyjnych i realizacji zadań, wypływających z ustalonego długofalowego planu rozwojowego. Należy położyć większy niż dotychczas nacisk na dostateczny dopływ inżynierów-mechaników do biur konstrukcyjnych aparatowych z uwagi na ciężar gatunkowy strony kinematycznej i mechanicznej w konstrukcjach łączników.

5) Biorąc pod uwagę specjalne znaczenie rozwoju produkcji aparatury łączeniowej energetycznej i przemysłowej dla gospodarki państwowej i jej ścisłe powiązanie z rozwojem całości przemysłu krajowego, należy powołać radę naukową, która byłaby czynnikiem doradczym nie tylko zatwierdzającym i kontrolującym roczne plany pracy biur konstrukcyjnych, ale również ustalającym wytyczne co do ich organizacji i potrzebnych środków działania, jak wyposażenie niezbędnych laboratoriów, warsztatów pomocniczych itp.

INŻ. HOLEC JERZY
CZPME

Osiągnięcia i zamierzenia krajowego przemysłu elektrotechnicznego w dziedzinie opracowań konstrukcyjnych aparatury łączeniowej wysokiego napięcia

621.312.002:62.002.86:621.316.5.027.3(438)

Treść. Przegląd zarówno dotychczasowych osiągnięć jak i zamierzeń na najbliższą przyszłość krajowego przemysłu elektrotechnicznego w dziedzinie budowy aparatów wysokiego napięcia. Wnioski dotyczące usprawnienia pracy konstruktorskiej w tej dziedzinie.

Достижения и предположения отечественной электротехнической промышленности в области конструкции распределительной аппаратуры высокого напряжения. Обзор достижений до сего времени и намерений на ближайшее будущее. Предложения, относящиеся к повышению эффективности конструкторской работы.

Achievements and intentions of the Polish electrical industry in preparing H. T. switchgear designs. Review of both previous achievements and intentions for the immediate future of the Polish electrical industry in respect of switchgear construction. Suggestions as to improving the work of designers in this line of production.

1. Spuścizna w zakresie aparatury łączeniowej w.n. z okresu przedwojennego.

Spuścizna ta w postaci mocno zdekompletowanej dokumentacji, przeważnie konstrukcyjnej, była następująca.

1) W dziale wyłączników.

a) Wyłączniki pełnoolejowe

typ 1180 — R10, 400 i 600 A — 100 MVA przy 6 kV,

„ 1180 — R20, 400 i 600 A — 200 MVA przy 15 kV,

„ 1180 — R30, 600 A — 200 MVA przy 30 kV,

w wykonaniu wnętrzym i napowietrznym, z napędem ręcznym oraz silnikowym bez komór gasikowych. Jako odmiana typu 1180 R30 istniał typ 1183 — R30, 600 A, wyposażony w płyty, umożliwiające wbudowanie wyłącznika w komorach przeciwbuchowych.

b) Wyłącznik małoolejowy typ 695 — 30 kV, 600 A — 500 MVA, z komorą sztywną i wtryskiem oleju przez nóż, z napędem silnikowym. Konstrukcja wyłącznika oparta była na dokumentacji licencyjnej firmy Delle. Drugim wyłącznikiem tegoż pochodzenia był wyłącznik na 150 kV — 500 A o mocy wyłączalnej 1500 MVA, również z komorą sztywną i wtryskiem oleju przez nóż z dobudowanym odłącznikiem napędzanym przez napęd główny za pośrednictwem przekładni zębatej, z wbudowanym przekładnikiem prądowym o przekładni 500/5, z napędem silnikowym w wykonaniu specjalnym.

c) Wyłączniki powietrzne

typ DL 1020 — 10 kV, 600 A o prądzie wyłącz. 30 kA przy 6 kV,

„ DL 1020 — 20 kV, 600 A o mocy wyłącz. 300 MVA, z gaszeniem łuku powietrznym i napędem powietrznym.

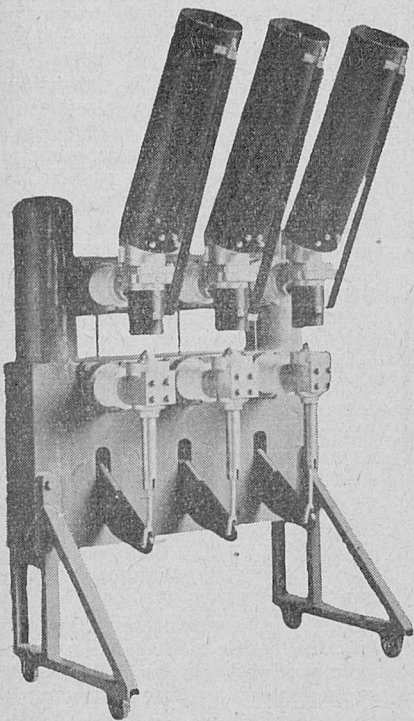
2) W dziale rozdzielni.

Rozdzielnie wolnostojące na 6 kV, osłonięte od wody kapiącej, blaszane, o jednym lub dwóch układach szyn zbiorczych z wyłącznikami pełnoolejowymi, z wyzwaczami pierwotnymi lub bez nich, z jednym lub dwoma odłącznikami. Konstrukcja oraz wyposażenie rozdzielni zależne było od życzeń nabywców i każdorazowo do nich dostosowywane.

W tym samym wykonaniu budowane były również szafy przyłączowe o konstrukcji i wyposażeniu zależnym od wymagań odbiorcy.

3) W dziale odłączników mocy.

Odłączniki mocy typ 1031 — 10 i 20 kV, 200 A, bez bezpieczników oraz typ 1033 — 10 i 20 kV, 200 A z bezpiecznikami mocy (Delle). Odłączniki te — o autopneumatycznym gaszeniu łuku i napędzie ręcznym — były zaopatrzone w sprzęgła luźnikowe pozwalające na zdalne wyłączenie odłącznika. Odłącznik t. 1033 był ponadto wyposażony w bezpośredni wyzwacz mechaniczny, powodujący wyłączenie odłącznika w przypadku zapalenia się któregoś z 3-ch bezpieczników mocy umieszczonych na jego biegunach.



Rys. 1. Wyłącznik powietrzny t. WPW10/10/4, R10, 1000 A, 8 atn, 400 MVA przy 6 kV

4) W dziale bezpieczników.

Bezpieczniki mocy wewnętrzne typ 1015 — 10 i 20 kV o prądach od 5 do 100 A przy 10 kV i 5 od 32 A przy 20 kV oraz typ 630 — 10, 20 i 30 kV do zabezpieczania przekładników napięciowych.

5) W dziale odłączników.

Odłączniki wewnętrzne jednobiegunowe typ 1022 od R1 do R10, 400 do 3000 A oraz trójbiegunowe typ 1030 od R1 do R10, 400 do 3000 A. Odłączniki napowietrzne jednobiegunowe typ 636 oraz 1046 od 6 do 30 kV, 400 A oraz trójbiegunowe typ 679 od 6 do 20 kV, 400 A.

6) W dziale napędów.

Napęd silnikowy typ 692—220 i 110 V prądu zmiennego (Delle), stosowany do napędu wyłączników pełnoolejowych oraz małoolejowych t. 695.

Napęd ręczny dźwigniowy typ 663, mający zastosowanie do odłączników mocy oraz odłączników wewnętrznych.

Napęd linkowy typ 607 do napędu odłączników stacyjnych słupowych.

7) W dziale urządzeń pneumatycznych.

Urządzenia sprężarkowe składające się z dwóch zbiorników ciśnieniowych oraz zaworów redukcyjnych bez możliwości automatycznej regulacji ciśnienia w zbiornikach.

8) W dziale osprzętu.

Izolatory wsporcze, przepustowe, stacyjne, nasadki szynowe, sterowniki tablicowe, drążki izolacyjne, podstawy izolacyjne itp.

2. Studia oraz dotychczasowe osiągnięcia w dziedzinie nowych konstrukcji powojennych.

Równolegle z podjętą produkcją aparatów wymienionych w rozdz. 1 rozpoczęto opracowanie nowych i unowocześnianie dawnych konstrukcji.

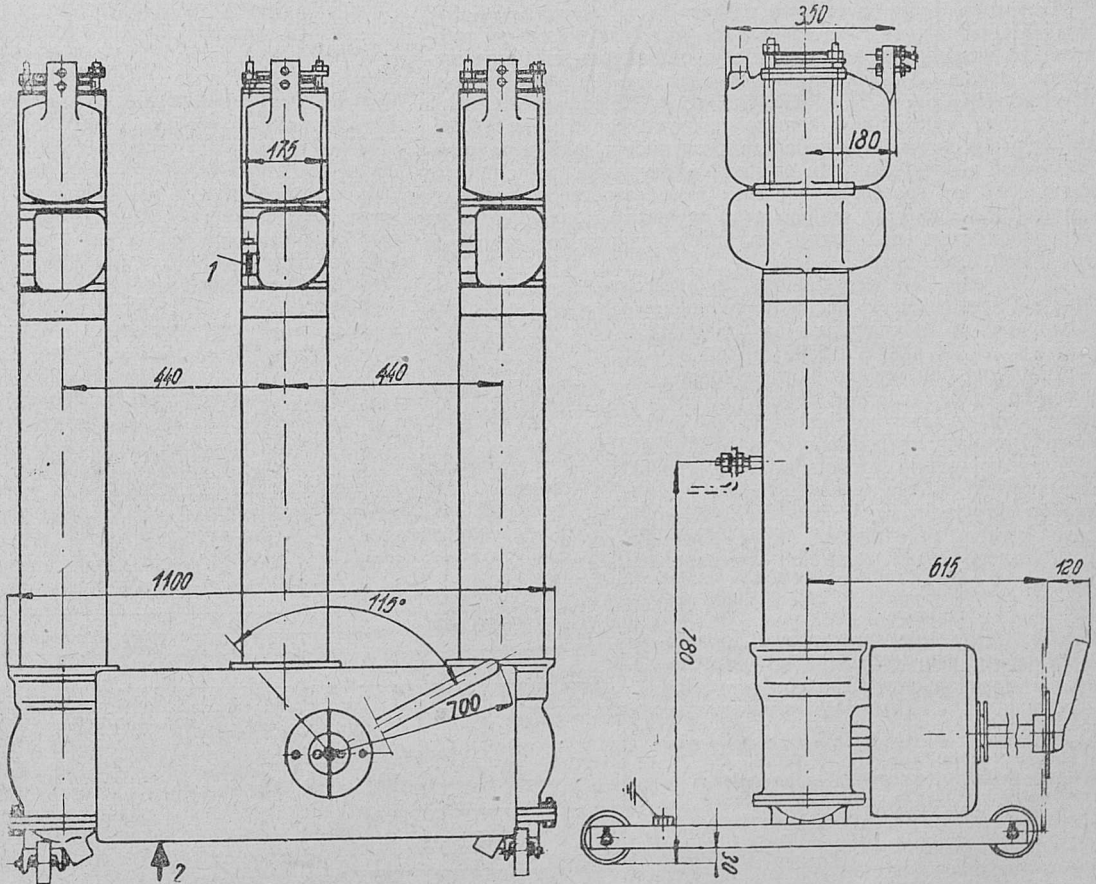
A. Wyłączniki powietrzne

1) Opracowano nową oryginalną konstrukcję wyłącznika powietrznego t. 1075 (ozn. obecnie WPW10/10/2.3) — 10 kV, 1000 A, o szacunkowej mocy wyłączalnej 400 MVA przy 6 kV z powietrznym gaszeniem łuku oraz powietrznym napędem. Prototyp tego wyłącznika ukończono w 1948 r. (rys. 1). Istotnymi cechami różniącymi konstrukcję nową od przedwojenną t. 1020 są wielkość prądu znamionowego oraz zaopatrzenie obecnie każdego z biegunów wyłącznika we własne zawory gaszące. Poza tym różnice polegają w pochyleniu kominków wydmuchowych, w odmiennym układzie zbiorników powietrza oraz w szeregu uproszczeń w systemie sterowania i ryglowania. Po zbadaniu tego wyłącznika w zwozowni Wszechzwiązkowego Instytutu Elektrotechnicznego w Moskwie w 1950 r. określono moc atestowaną tego wyłącznika na 230 MVA przy 6 kV.

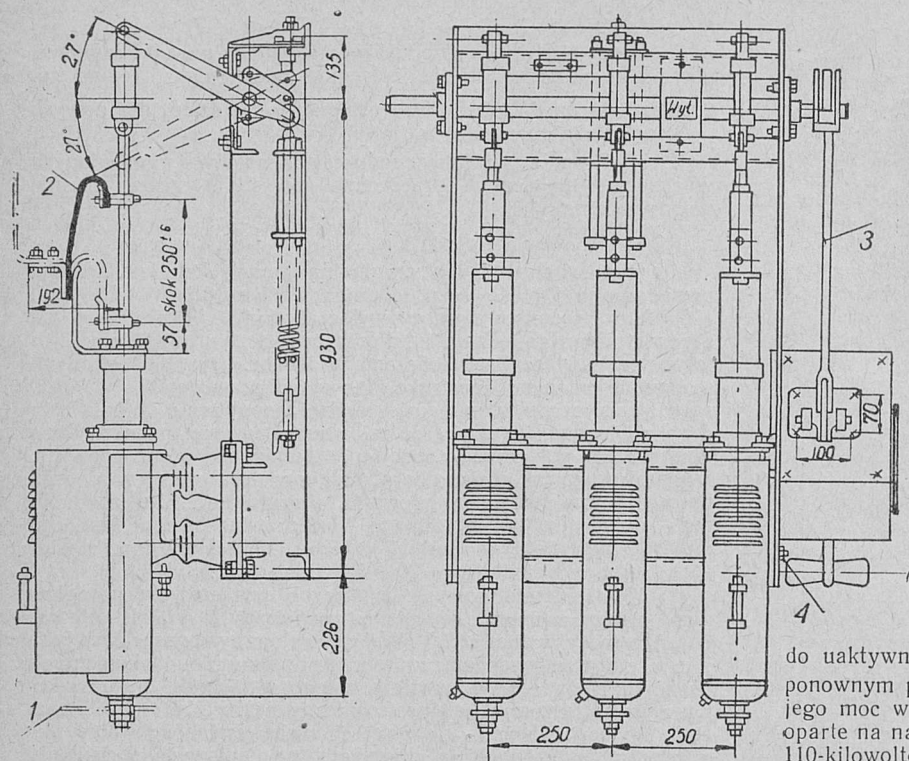
2) W dziedzinie nowych konstrukcji wyłączników powietrznych należy wymienić wyłącznik powietrzny t. WP110-110 kV, 600 A o mocy wyłącz. 2500 MVA z powietrznym gaszeniem łuku i powietrznym napędem, oparty na radzieckiej dokumentacji licencyjnej. Dwie sztuki prototypu tego wyłącznika będą wykonane przez przemysł elektrotechniczny jeszcze w roku bieżącym. Wyłącznik składa się z trzech niezależnych od siebie biegunów, umieszczonych na zbiornikach ciśnieniowych o ciśnieniu znamionowym 20 atn i może być sterowany centralnie zarówno trójfazowo, jak i jednofazowo. Każdy biegun jest zaopatrzony w noże odłącznikowe o napędzie powietrznym. Wyłącznik przystosowany jest do szybkiego jednokrotnego SPZ i ma do tego celu dodatkowe zbiorniki ciśnieniowe.

B. Wyłączniki małoolejowe

1) W roku 1947 rozpoczęto opracowywanie oryginalnej konstrukcji wyłącznika małoolejowego t. 1072, 6 do 15 kV, 600 A, o szacunkowej mocy wyłączalnej 200 MVA przy 6 kV — po-



Rys. 2. Wyłącznik małoolejowy wewnętrzny t. WMtW30/6/6 (R30, 600 A, 600 MVA) z napędem ręcznym
1 — wskaźnik oleju, 2 — zaciski niskiego napięcia



Rys. 3. Wyłącznik małoolejowy t. WMG6/6/2 z napędem ręcznym
1 — przłączenie szyny doprowadzającej 3 — ciężko napędowe
2 — połączenie giętkie 4 — śruba uziemienia

czątkowo z komorą sztywną, później zaś z elastyczną. Prototyp tego wyłącznika ukończono w 1948 r. Charakterystyczną cechą tej konstrukcji były wyjątkowo małe jej wymiary zewnętrzne, przy czym mogła być ona zastosowana do napięcia zarówno 6 kV, jak i 15 kV, przez usuwanie z biegunów wyłącznika osłon izolacyjnych względnie zakładanie ich na bieguny.

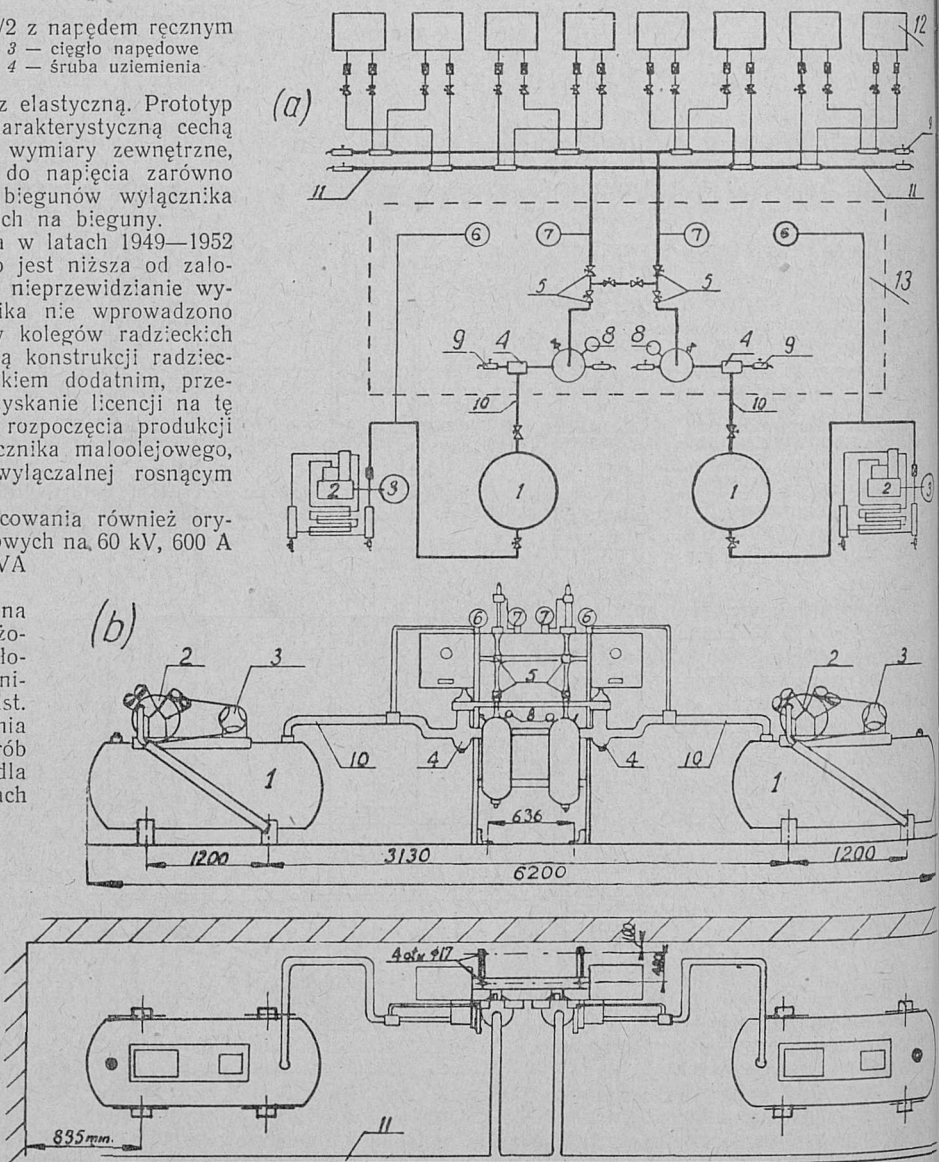
Trzykrotne próby zwarciowe wyłącznika w latach 1949—1952 wykazały jednak, że moc wyłączalna jego jest niższa od założonej ze względu na powstawanie w nim nieprzewidziane wysokich ciśnień. Z tego względu wyłącznika nie wprowadzono do produkcji, ale w r. 1952 z inicjatywy kolegów radzieckich wyposażono wyłącznik w komorę gasikową konstrukcji radzieckiej i próba ta została uwieńczona wynikiem dodatnim, przemysł więc elektrotechniczny wystąpił o uzyskanie licencji na tę komorę. W ten sposób istnieje możliwość rozpoczęcia produkcji taniego, lekkiego oraz małego typu wyłącznika małoolejowego, odpowiadającego pod względem mocy wyłączalnej rosnącym potrzebom inwestorów.

2) W roku 1948 przystąpiono do opracowania również oryginalnej konstrukcji wyłączników małoolejowych na 60 kV, 600 A i szacunkową moc wyłączalną 1500 MVA oraz na 110 kV, 600 A i 2500 MAV.

Prototypy obu wyłączników wykonane na początku roku zawierały bieguny wyposażone w komory zarówno elastyczne, jak i tłokowe. Prototypy te poddano w r. 1953 z inicjatywy energetyki próbom w sieci (podst. Abramowice) w celu sprawdzenia wyłączania prądów krytycznych. W wyniku tych prób zdecydowano zainstalować je w sieci dla praktycznego sprawdzenia ich w warunkach normalnej pracy.

Rys. 4. Urządzenie sprężarkowe do zasilania powietrzem wyłączników i uruchamiania napędów powietrznych: (a) układ schematyczny, (b) szkic wymiarowy

- | | |
|---|----------------------------|
| 1 — zbiornik ciśnieniowy na 20 atn | 8 — manometry kontrolne |
| 2 — sprężarka o wydajności powietrza 15 m ³ /h przy 20 atn | 9 — zawory odpowiedzialne |
| 3 — silnik napędowy | 10 — połączenie rurowe |
| 4 — zawór redukcyjny | 11 — sieć zasilająca |
| 5 — zawory | 12 — wyłącznik |
| 6, 7 — manometry stykowe | 13 — rozdzielnia powietrza |



3) Dla zastąpienia kosztownego i ciężkiego wyłącznika małoolejowego t. 695 zaczęto w końcu 1949 r. opracowywać oryginalną konstrukcję wyłącznika małoolejowego t. 1124 (ozn. obecnie WMtW30/6/6) — 30 kV, 600 A, o szacunkowej mocy wyłącz. 800 MVA, z dwustopniową komorą tłokową (rys. 2). Prototyp wyłącznika ukończono w r. 1951, a w r. 1952 poddano go próbom zwarciowym w WEI w Moskwie, gdzie jego moc zwarciowa określona została na 600 MVA.

Wyłącznik ten o charakterystyce lepszej od produkowanego dotąd wyłącznika t. 695 (600 WVA wobec 500 MVA) jest znacznie od niego mniejszy, lżejszy, tańszy w produkcji i pewniejszy w pracy. Konstrukcyjnie jest on rozwiązany w ten sposób, że jego kolumny normalnie w wykonaniu wnętrzowym mogą być wyposażone w porcelanowe izolatory osłonowe, podstawa zaś — zaopatrzona w odpowiednie odlewy dystansowe — pozwala na rozsuniecie biegunów do wymiaru odpowiadającego odległości międzylazowej w wykonaniu napowietrznym. W ten sposób po niewielkich stosunkowo uzupełnieniach produkcja wyłącznika w wykonaniu zarówno wnętrzowym, jak i napowietrznym, jest niezwykle ułatwiona.

Prototyp wyłącznika badany w WEI — po przeróbkach systemu tłumikowego, zmierzających do uaktywnienia jego komory gasikowej — będzie poddany ponownym próbom w zwarciowni w ČSR; oczekuje się, że jego moc wyłączalna będzie większa. Przypuszczenia te są oparte na następujących przesłankach. Wyłącznik małoolejowy 110-kilowoltowy badany na podstacji Abramowice miał komo-

na identyczną z komorą w wyłączniku omawianym. Dzięki wprowadzeniu przez konstruktora drobnych zmian w komorze wyłącznika na 110 kV uzyskano znaczne skrócenie czasu palenia się łuku przy prądzie krytycznym: przed przeróbką czas ten przy napięciu 6, 15 oraz 30 kV wynosił około 0,07 s; po przeróbce i przy napięciu 110 kV czas zmalał do wartości 0,04 s.

Równolegle z tą pracą buduje się nowy produkcyjny prototyp tego wyłącznika w wykonaniu wewnętrznym i również ma być sprawdzony w zwarciozni. Wyłącznik może być wyposażony w napęd zarówno powietrzny, jak i silnikowy.

4) Należy jeszcze wymienić wyłącznik małoolejowy t. WMG/6/6/2—6 kV, 600 A, 200 MVA przy 6 kV, z napędem ręcznym, opracowany według radzieckiej dokumentacji licencyjnej (rys. 3).

Należy wyjaśnić, że podawane w literaturze oraz dokumentacji napięcie znamionowe tego wyłącznika 10 kV musiało być obniżone do 6 kV ze względu na nieodpowiednie według przepisów polskich zarówno odległości izolacyjne, jak i wielkość izolatorów wyłącznika.

W trakcie adaptacji rysunków konstrukcyjnych wyłącznika wprowadzono w jego napędzie przeróbki, mające na celu dostosowanie do niego normalnych krajowych wyzwalaczy wtórnych oraz przelącznika sygnalizacyjnego, co pociągnęło za sobą dokonanie szeregu znacznych uproszczeń konstrukcyjnych napędu.

Prototyp wyłącznika wykonany według przystosowanej dokumentacji konstrukcyjnej i wyposażony w krajowy napęd silnikowy będzie sprawdzony w zwarciozni.

C. Napędy

1) Napęd silnikowy. W celu zastąpienia bardzo pracochłonnego oraz ciężkiego napędu silnikowego t. 692 (ob. wyżej) przedwojennej produkcji licencyjnej opracowano napęd t. NS1, wyposażony w silnik uniwersalny o mocy ~ 2 kW na napięciu 220 V prądu zmiennego oraz 110 V prądu stałego, napędzający dwuzwojową przekładnię ślimakową (1:20). Wyposażenie sterujące oraz sygnalizacyjne napędu składa się z przelącznika sygnalowego, kierunku obrotów oraz krańcowego.

W założeniu napęd opracowano do obsługi wyłączników olejowych i pomyślano w ten sposób, żeby można było zastosować go do wyłączników z napędami ręcznymi, pracujących w sieci, bez powiększania ich obrysów. Czynność wymiany napędu ręcznego na silnikowy NS1 trwa około 15 min., co ma z punktu widzenia eksploatacyjnego ogromne znaczenie. Pierwsze egzemplarze produkcyjne napędu ukażą się w najbliższym czasie.

Zastosowanie powyższego napędu do wymienionego wyżej wyłącznika małoolejowego t. WMG6/6/2 dało wynik dodatni, istnieje więc prawdopodobieństwo, że już w roku przyszłym wyłączniki zaczną być wyposażane w te napędy seryjnie. Napęd NS1 będzie prawdopodobnie zastosowany również do wyłączników t. WMTW30/6/6 po pewnych przeróbkach konstrukcyjnych.

2) Napęd ręczny. Produkowany z okresu przedwojennego napęd ręczny, dźwigniowy t. 663, do odłączników wewnętrznych oraz odłączników mocy wykazał z biegiem czasu tyle braków zarówno konstrukcyjnych, jak i produkcyjnych, że powstała konieczność opracowania nowej konstrukcji napędu ręcznego dźwigniowego — typ NRW. Jest to lekki mocny typ tarczowego napędu ręcznego z odejmuwaną dźwignią, przeznaczony do odłączników wewnętrznych do 30 kV oraz do odłączników mocy. Napęd ten już jest w produkcji.

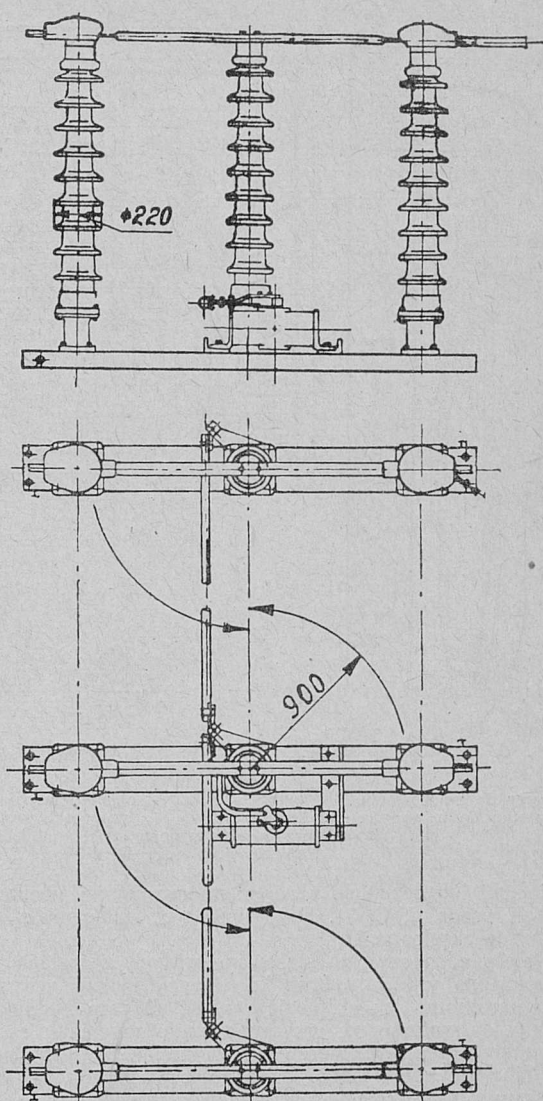
3) Napędy powietrzne. Rosnące wciąż potrzeby zdalnego sterowania aparatów doprowadziły do stworzenia nieprodukowanych przed wojną typów napędów powietrznych, z których pierwszy t. NP6D jest przeznaczony do sterowania powietrznego zarówno odłączników wewnętrznych do 30 kV o dowolnym prądzie znamionowym, jak i wyłączników t. WMTW30/6/6 (ob. wyżej). Napęd pracuje w zakresie ciśnień 4—12 atm, przy czym do wyjątkowo ciężkich typów odłączników (do 4000 A) mogą być zastosowane po dwa napędy zainstalowane na obydwu końcach wałka napędowego odłącznika.

Drugim typem napędu powietrznego jest t. NP3, przeznaczony do napędu odłączników stacyjnych na 60 i 110 kV (ob. niżej).

Obydwa typy napędu są już w produkcji.

D. Urządzenia powietrzne

1) Urządzenia sprężarkowe (rys. 4a i 4b), będące rozszerzeniem myśli konstrukcyjnej z okresu przedwojennego, składają się z dwóch zbiorników (czynnego i zapasowego) o pojemności 575 l każdy i ciśnieniu roboczym 20 atm. Zbiorniki te połączone są z jednej strony ze sprężarkami (umieszczonymi bądź na zbiornikach, bądź też obok nich), z drugiej natomiast przez zawory redukcyjne (20/8 atm) i rozdzielnię powietrza z siecią zasilającą obsługiwane aparaty (wyłączniki powietrzne, napę-



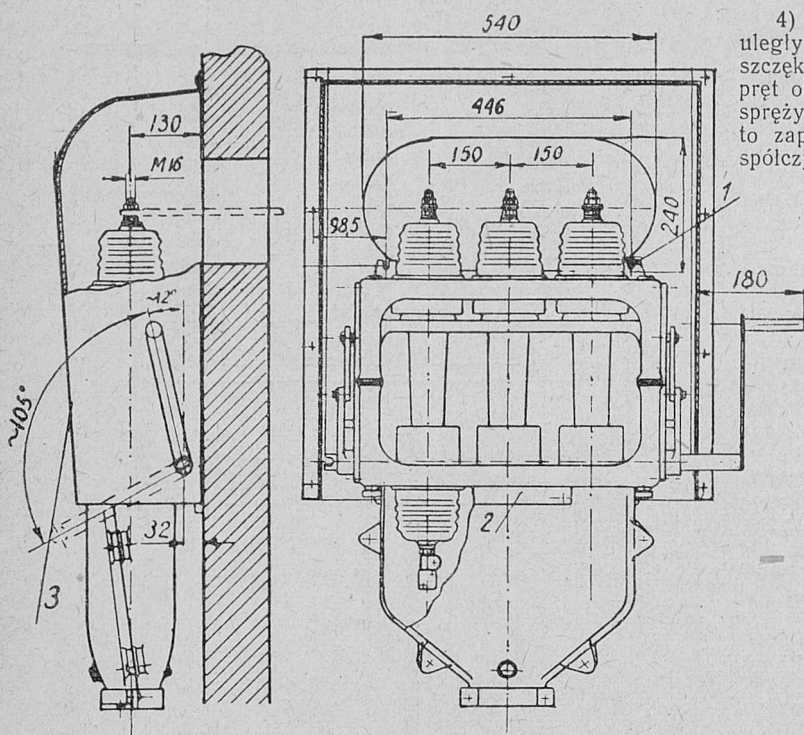
Rys. 5. Odłącznik na 110 kV, 600 A, napowietrzny, 3-biegunowy, 2-przerwowi z napędem powietrznym

dy itp.). Rozdzielnia zawiera cztery (po dwa na zbiornik) minimalno-maksymalne manometry stykowe, z których jedno sygnalizują — przez układ przekładników — stan zaburzenia, urządzenia drugie natomiast sterują stycznikami obsługującymi silniki sprężarek. Wielkość urządzenia pozwala na jednoczesną obsługę ok. 15 sztuk wyłączników powietrznych (ob. wyżej rozdz. 2A). Przelączanie zespołu zapasowego na sieć zasilającą odbywa się ręcznie; napięcie sterowania przekładników zazwyczaj 60 V prądu stałego. Urządzenia te znajdują się w produkcji od paru lat.

2) Do sterowania wymienionych wyżej napędów pneumatycznych służy elektropneumatyczny sterownik typu NPUS, zastępujący importowane dotąd do kraju tego rodzaju aparaty. Aparat składa się ze skrzynki, zawierającej dwa zawory powietrzne do zamykania wzgl. otwierania przepływu powietrza w przewodach powietrznych, łączących aparat sterowany ze źródłem sprężonego powietrza. Zawory otwierane są bądź ręcznie przy pomocy przycisków, bądź też przy pomocy dwóch elektromagnesów wybijkowych sterowanych z odległości. Aparat ma ponadto jeszcze trzeci elektromagnes na prąd ciągły, umożliwiający uzyskanie blokady napędu odłącznika w przypadku załączenia na pracę współpracującego z nim wyłącznika. Aparat ukaże się na rynku w najbliższym czasie.

E. Odłączniki

1) Nową powojenną konstrukcję stanowią odłączniki do napięć 60 i 110 kV (rys. 5), wykonywane w dwóch wariantach konstrukcyjnych jako jednoprzerwowe (każdy biegun odłącznika ma dwa izolatory obrotowe zaopatrzone w półnoże) typ 1090 — 60 i 110 kV, 600 A, oraz dwuprzerwowe (każdy biegun odłącznika ma trzy izolatory, z których środkowy, utrzymujący nóż, jest obrotowy) typ 1091 — 60 i 110 kV, 600 A z nożami uzie-



Rys. 6. Odłącznik teleskopowy z jedną mufą kablową na 6 kV, 400 A t. OTM6/4

- 1 — uszy do umocowania
2 — płytka do zalewania mufy masą
3 — okienko w osłonie do stwierdzenia stanu załączenia
Mufa ma kołnierzy wymienny do różnych średnic kabli
Napięcie probiercze 40 kV

mającymi lub bez nich, z napędami ręcznymi i pneumatycznymi (ob. rozdz. 2, C, 3). Duża ilość tych odłączników znajduje się już w eksploatacji.

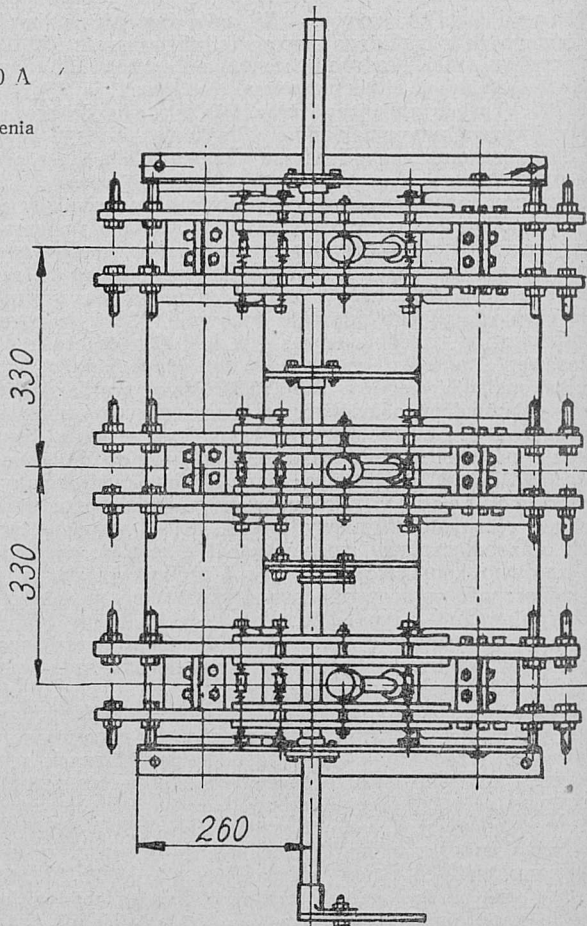
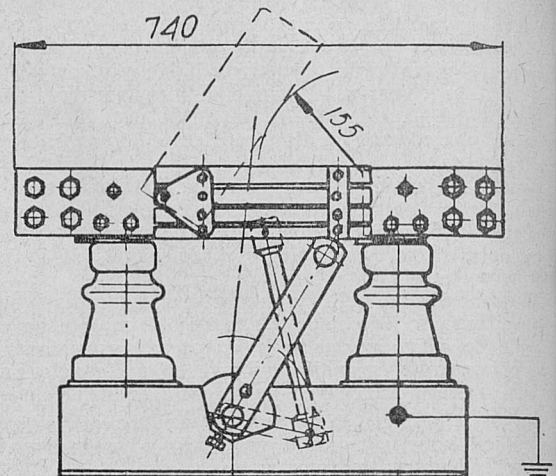
Należy zaznaczyć, że stosowane w tych aparatach izolatory importowane wykazywały brak koordynacji izolacji, co spowodowało parokrotne ich eksplozje w sieci. Bliższe badania doprowadziły do wniosku, że przyczyną uszkodzeń jest niepełnordzeniowa konstrukcja izolatorów i że istniejące w nich (ze względów fabrykacyjnych) odgórne i oddolne wnęki, przedzielone cienką stosunkowo przeponą porcelanową, przyczyniają się do powstawania na wewnętrznej ścianie izolatora zroszonych powierzchni przewodzących. Wskutek tego napięcie przebiecia ścianki izolatora jest niższe od napięcia przeskoku i to powoduje właśnie wypadki. Ze względu na trudności fabrykacyjne izolatorów pełnordzeniowych przedsięwzięto środki w kierunku bądź hermetycznego uszczelnienia wnęk izolatora, bądź też wypełnienia tych wnęk trudnopalną masą izolacyjną, co powinno przyczynić się w przyszłości do usunięcia tak groźnych dla aparatów następstw.

2) Nową konstrukcją opracowaną w r. 1951 jest odłącznik teleskopowy t. OT6/4 — 6 kV, 400 A (rys. 6). Aparat ten, zbudowany z myślą o oszczędności zajmowanego miejsca, ma wszystkie części będące pod napięciem w porcelanie, dzięki czemu zapewnia maksimum bezpieczeństwa obsługi i może zastępować stosowane zazwyczaj odłączniki trójbiegunowe nożowe. Odłącznik ten może być w zależności od charakteru pracy wyposażony w jedną lub dwie mufy kablowe (dla sieci kablowych). Napęd odłącznika odbywa się przy pomocy odejmowalnej dźwigni zarówno z jednego, jak i drugiego końca wałka napędowego. Odłącznik powyższy znajduje się w produkcji już od dwóch lat.

3) Przeróbką modernizacyjną uległy również odłączniki wewnętrzne, szczególnie trójbiegunowe (rys. 7). Konstrukcja przedwojenna tych aparatów przewidywała zastosowanie cegieł do noży wykonanych z gumoidu. Wobec niedostatecznego poziomu izolacji tych detali konstrukcja obecna przewiduje wykonanie cegieł w postaci lasek porcelanowych, których zastosowanie nie nastręcza w praktyce eksploatacyjnej większych kłopotów.

Odłączniki na wielkie prądy znamionowe (2000 i 3000 A) przekonstruowano w ten sposób, że noże ich w postaci kilku osobnych listewek ściąganych sprężynami dociskane są obustronnie do lbów mających kształt płaskowników. Każda z listewek — połączona luźno z innymi i dociskana obustronnie — zapewnia dobry indywidualny styk ze lbem. Konstrukcja ta jest już w opracowaniu technologicznym.

4) W odłącznikach napowietrznych słupowych modernizacji uległy styki. W konstrukcji przedwojennej styki miały postać szczęk. Po wojnie wprowadzono tzw. agrafkowe wykonanie, gdzie pręt okrągły części ruchomej odłącznika wchodzi pomiędzy dwa sprężynujące pręty okrągłe części stałej aparatu. Rozwiązanie to zapewnia duży docisk w miejscu zestyku, a więc zwiększa współczynnik wyzyskania przekroju.



Rys. 7. Odłącznik wewnętrzny 3-biegunowy, R10, 4000 A, t. OW3C10/40

5) Jako ostatnią nową pozycję w dziedzinie odłączników należy wymienić wewnętrzny odłącznik bezpiecznikowy typu OB6/1-6 kV, 100 A, którego konstrukcja jest rozwiązana w ten sposób, że noże odłącznika stanowią rurowe bezpieczniki mocy, umieszczone na ruchomej poprzeczce sprężyniastej z wałkiem napędowym odłącznika (rys. 8). Ruch obrotowy wałka powoduje bądź opadanie, bądź też unoszenie się poprzeczki, co z kolei pociąga za sobą bądź stykanie się okuć rury bezpiecznikowej ze sprężystymi lbami izolatorów stałych, bądź też przerywanie styku z nimi. W ten sposób zaoszczędza się zarówno miejsca w urządzeniu rozdzielczym, jak i kosztu aparatów normalnie stosowanych.

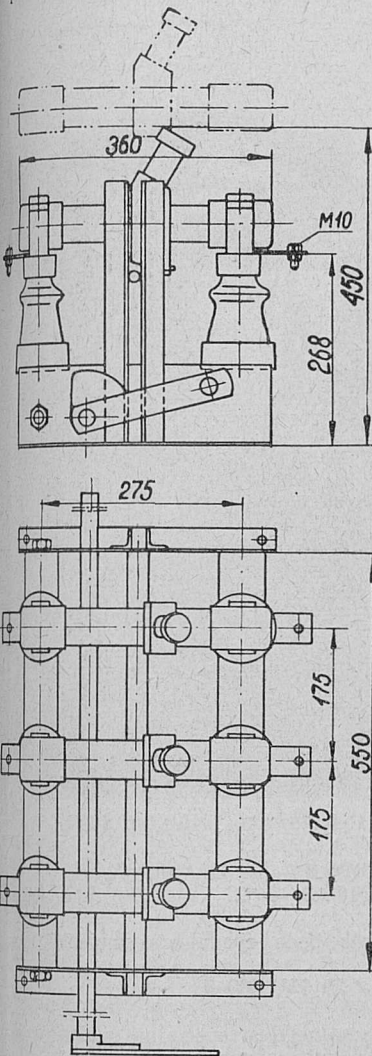
wanych (odłącznik oraz bezpieczniki na podstawach). Oczywiście, prąd znamionowy odłącznika jest uzależniony od największego prądu znamionowego bezpiecznika (100 A). Zamocowanie bezpieczników na poprzeczce pozwala na łatwą ich wymianę przy pomocy kleszczy izolacyjnych.

Dokumentacja konstrukcyjna aparatu nie jest jeszcze wyzyskana ze względu na brak pozycji tych odłączników w planie produkcyjnym zakładu.

cje odłącznikiem, przy nieczynnym natomiast odpowiednia masywna zapadka rygluje wałek, uniemożliwiając bądź odłączenie, bądź też załączenie odłącznika. Produkcja rygla będzie uruchomiona w roku bieżącym.

F. Rozdzielnie osłonięte

1) W konstrukcji tak zwanych rozdzielni normalnogabarytowych, tzn. wolnostojących i osłoniętych od wody kapiącej, nie

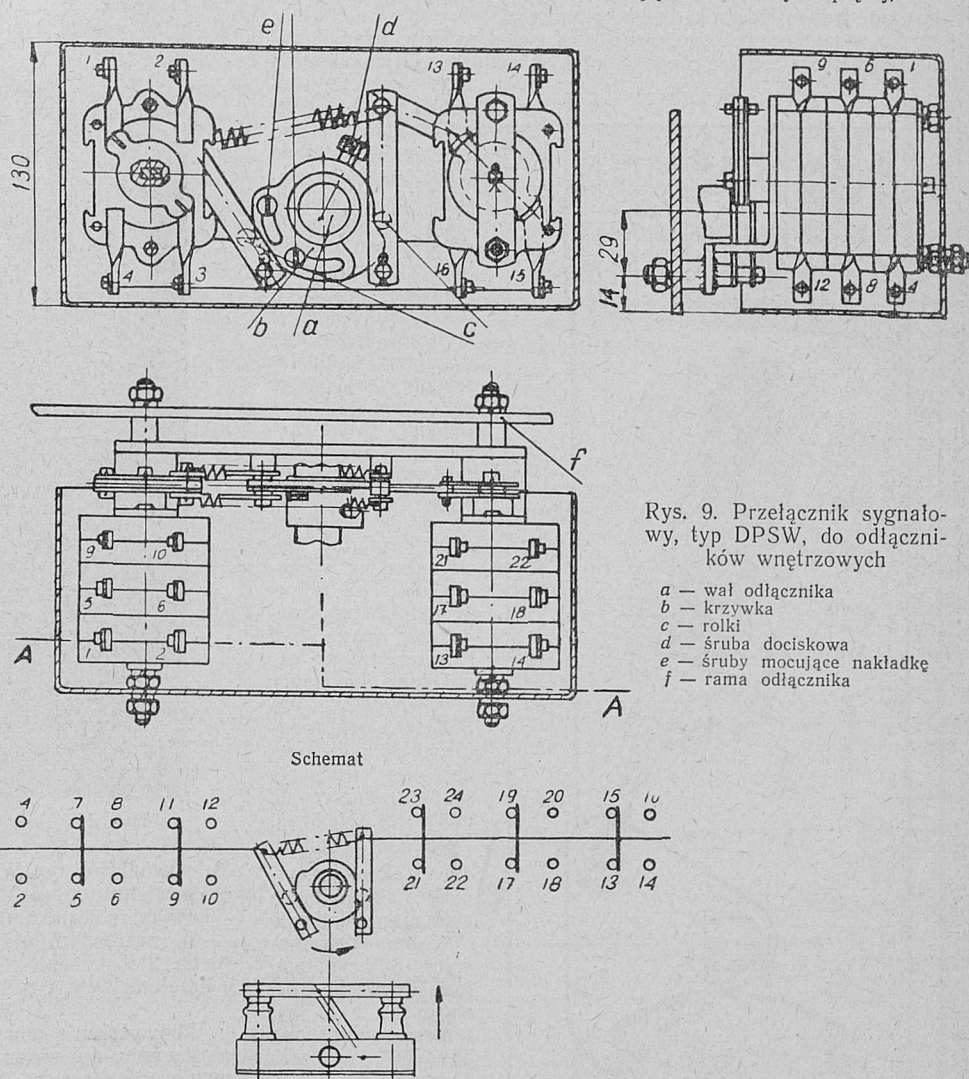


Rys. 8. Odłącznik bezpiecznikowy trójfazowy t. OB6/1, R6, 100 A

6) Jako dalszą pozycję w dziedzinie nowych opracowań konstrukcyjnych, związaną z odłącznikami, należy wymienić przełącznik sygnalizacyjny typu DPSW, którego konstrukcja zapewnia łatwy montaż i zastosowanie do szerokiego zakresu odłączników (rys. 9). Działanie przełącznika polega na migowym przełączaniu jego elementów stykowych w chwilach odpowiadających ściśle wzajemnemu położeniu części rozłączanych, co, jak wiadomo, określone jest jednoznacznie odpowiednimi przepisami PNE. Efekt ten uzyskuje się dzięki umieszczeniu na wałku odłącznika odpowiedniej regulowanej kątowo — w zależności od kąta otwarcia odłącznika — krzywki, stanowiącej część składową przełącznika.

Przełącznik ma 2×3 obwody elektryczne, co w zupełności zaspokaja wszystkie wymagania sterowniczo-sygnalizacyjne użytkowników. Konstrukcja przełącznika pomyślana jest w ten sposób, że całość daje się łatwo zmontować na już pracującym odłączniku w sieci. Produkcja przełącznika będzie uruchomiona w roku bieżącym.

7) Jako ostatnią pozycję w dziedzinie opracowań związanych z odłącznikami wymienić należy rygiel elektromagnetyczny typu DRE, mający zastosowanie przy blokadzie odłączników z wyłącznikami (rys. 10). Działanie rygla polega na zastosowaniu w nim elektromagnesu, który wzbudza się za pośrednictwem styków przełącznika, napędzanego przez wał wyłącznika. Przy elektromagnecie wzbudzonym dozwolone są wszelkie manipula-



Rys. 9. Przełącznik sygnalizacyjny, typ DPSW, do odłączników wewnętrznych

- a — wał odłącznika
- b — krzywka
- c — rolki
- d — śruba dociskowa
- e — śruby mocujące nakładkę
- f — rama odłącznika

zaszły w stosunku do konstrukcji przedwojennej istotne zmiany. Uległa jedynie redukcji bogata różnorodność wykonania, zależnych od bardzo nieraz wygórowanych żądań odbiorców, zasada natomiast rozwiązania konstrukcyjnego, polegająca na stosowaniu w nich wyłączników pełnoolejowych oraz normalnych odłączników nożowych wraz z całym wyposażeniem sprzętu pomiarowego oraz zabezpieczeniowego (przekładniki, liczniki, amperomierze, przekazy), nie uległa zmianom. Nie uległy również wielkim zmianom wymiary pól.

Ciągła różnorodność wyposażenia rozdzielni, wymagająca indywidualnego projektowania olbrzymiej liczby pól, była stałym tematem prac liczego zespołu zarówno projektantów, jak i konstruktorów biura. W związku z tym utworzono grupę normalizacyjną inżynierów, której zadaniem było opracowanie pewnych stałych schematów pól uwzględniających różnorodność, istotne potrzeby użytkowników. Wynikiem tej pracy jest norma RN-53/MPM-03006 pod tytułem „Schematy poglądowe rozdzielni osłoniętych w.n. do 6 kV”, która po uzyskaniu opinii zarówno użytkowników, jak i właściwych instytucji naukowych, oraz po zatwierdzeniu stanie się normą resortową, obowiązującą również biura projektowe. Norma uwzględnia szereg typowych schematów elektrycznych pól rozdzielni zarówno z pojedynczym, jak i z podwójnym układem szyn zbiorczych. Projekt normy już rozesłano do zaopiniowania zainteresowanym instytucjom.

2) W zakresie nowych konstrukcji rozdzielni osłoniętych opracowano w r. 1950 dla potrzeb kopalnictwa zunifikowane dwuczłonowe pole rozdzielni osłoniętej od wody kapiącej (typ

SOO6 — 6 kV), składające się z człona stałego i ruchomego (rys. 11) *). Człon ruchomy zawiera specjalnie obniżony wyłącznik pełnoolejowy, na którego wózku są zmontowane wszystkie aparaty, wchodzące w skład pola, i wraz z wózkiem wysuwane na zewnątrz człona stałego, zawierającego szyny zbiorcze oraz mufę kablową (dopływową bądź odpływową). Izolatory szyn zbiorczych i mufy są zaopatrzone w styki, które współpracując z odpowiednimi stykami człona ruchomego odgrywają przy wysuwaniu rolę odłącznika trójbiegunowego.

Rozwiązanie takie pociągnęło za sobą znaczne zredukowanie wymiarów zewnętrznych pola, a w związku z tym objętość

tego pola w stosunku do objętości pól podanych pod 1) wynosi średnio 50%. Należy zaznaczyć, że w polach tych zastosowano do pomiaru energii licznik jednofazowy, ponieważ rozdzielnie zbudowane z tych pól, będąc rozdzielniami oddziałowymi i obsługując zazwyczaj większe odbiory (o równomiernym obciążeniu faz), wymagają pomiarów jedynie do celów statystycznych. Pola te pozwalając na tworzenie kilku- lub kilkunastopolowych rozdzielni, mogą być również łatwo zamienione w szafy przyłączowe typ SOOP6 przez dodanie na ścianie bocznej, na poziomie szyn zbiorczych, mufy odpływowej.

Niekiedy ze względów eksploatacyjnych specjalnych wymagane jest pole z dwoma dodatkowymi odłącznikami teleskopowymi (ob. w rozdz. 2, E, 2), umieszczonymi na obydwu ścianach bocznych pola. W tym wypadku utworzone będzie pole rozgałęźne typ SOOT6.

Opisane pole stanowi pierwszy wypadek konstrukcji całkowicie znormalizowanej, pozwalającej na seryjną produkcję rozdzielni wysokiego napięcia. Pola są produkowane od r. 1951.

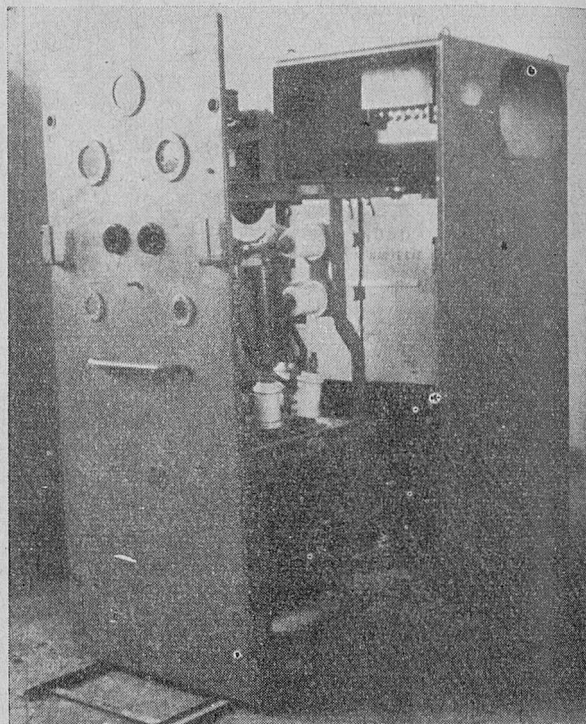
3. Zamierzenia na przyszłość.

1) Dział wyłączników. Odbywające się obecnie w Czechosłowackiej Republice Ludowej pod kierownictwem Instytutu Elektrotechniki próby zwarciowe wyłączników mają na celu z jednej strony sprawdzenie — wobec wprowadzenia do konstrukcji bardzo licznych zmian, związanych z ruchem racjonalizatorskim — mocy wyłączalnej oraz cech komutacyjnych wyłączników, z drugiej zaś strony zbadanie możliwości podwyższenia tej mocy i polepszenia własności przyrządów drogą

wprowadzenia nieznacznych zmian. Próby te dostarczą tematyki do prac konstruktorskich w zakresie wyłączników na najbliższą przyszłość.

Próbami są objęte następujące wyłączniki:

- a) pełnoolejowy, typ W141S — 10 kV, 400 A z napędem silnikowym,
- β) pełnoolejowy, typ W242S — 20 kV, 400 A z napędem silnikowym,
- γ) pełnoolejowy, typ WN242 — 20 kV, 400 A z napędem gravitacyjnym,



Rys. 11. Pole malogabarytowe na 6 kV, typ SOO6

- δ) powietrzny, typ WPW10/10/2,3 — 10 kV, 1000 A,
- ε) powietrzny, typ WPW10/10/2,3 — 10 kV, 1000 A z dodatkowymi zbiornikami.

W następnym etapie prób będą zbadane wyłączniki (por. rozdz. 2):

- małoolejowy, typ 1124 — 30 kV, 600 A,
- „ „ WMG6/6/2 — 6 kV, 600 A.

Podwyższenie mocy wyłączalnej jest specjalnie ważne w zastosowaniu do wyłącznika wymienionego w punkcie δ, gdyż wyniki uzyskane w WEI (ob. w rozdz. 2 pod A, 1) są szczególnie niezadowalające, jeżeli uwzględnić solidną i mocną konstrukcję wyłącznika, przeznaczonego do wyłączania znacznych wyższych mocy.

Typy wyłączników wymienione wyżej pod γ i ε będą zbadane pod względem możliwości zastosowania ich do samoczynnego ponownego załączania. Należy zaznaczyć, że wyłączniki te są zmontowane specjalnie dla celów omawianych prób.

Pozostałe typy omówiono już poprzednio.

Wszystkie podjęte badania dostarczą przemysłowi niezbędnych wskazówek zarówno co do wad, jak i zalet produkowanych wyłączników, i pozwolą bądź zmodernizować poszczególne typy, bądź też przeznaczyć je do nowych zadań.

W programie prac konstrukcyjnych z roku 1953 należy wymienić jeszcze opracowanie konstrukcyjne i wykonanie prototypu produkcyjnego wyłącznika małoolejowego typ 1124, 15 kV, 600 A o szacunkowej mocy wyłączalnej 350 MVA.

Następnym tematem na r. 1954 jest opracowanie konstrukcyjne wyłącznika powietrznego typ WPW10/20/4, 10 kV, 2000 A o szacunkowej mocy wyłączalnej 350 MVA, stanowiącego jedną z głównych pozycji planu inwestycyjnego energetyki.

Dalej plan prac obejmuje opracowanie konstrukcyjne wyłącznika powietrznego typ WPW10/20/4, 10 kV, 2000 A o szacunkowej mocy wyłączalnej 400 MVA, jako modyfikację wyłącznika WPW10/10/2,3 (oznaczenie dawne typu 1075) szczególnie wymagającego przez przemysł hutniczy.

Jako ostatnią pozycję programu opracowań konstrukcyjnych w roku 1954 należy wymienić wyłącznik małoolejowy typ 1072-6-15 kV o szacunkowej mocy wyłączalnej 200 MVA przy

Rys. 10. Rygiel elektromagnetyczny do odłączników wewnętrznych typu DRE
1 — rama odłącznika 2 — wał odłącznika

*) Por. H o l c J. Znormalizowane rozdzielnie o małych wymiarach (PE, 1951, z. 10, str. 429—431).

6 kV, omówionego w rozdz. 2 pod B1, po uzyskaniu dokumentacji licencyjnej na komorę radziecką.

Jednym z główniejszych dalszych tematów prac będzie opracowanie konstrukcyjne oraz wykonanie prototypu produkcyjnego wyłącznika małoolejowego na 110 kV, 600 A o szacunkowej mocy wyłączalnej 2500 MVA (ob. rozdz. 2 pod B2). Doświadczenie uzyskane z pracy prototypu tego wyłącznika w sieci w połączeniu z przyszłymi badaniami zwarciovymi omawianego w punkcie niniejszym prototypu, przyczyni się do stworzenia wyłącznika, który obok wyłącznika powietrznego WP110 pokryje całkowity zakres potrzeb energetyki w dziedzinie wyłączników najwyższych napięć na najbliższe lata.

2) Dział napędów. Zamierzenia są następujące: opracowanie napędu elektromagnetycznego opartego na dokumentacji licencyjnej; dostosowanie produkcyjnego napędu silnikowego t. NS1 do wyłącznika małoolejowego t. MWG6/6/2; opracowanie nowego napędu silnikowego o powiększonym momencie kręjącym do wyłączników małoolejowych o większych mocach wyłączalnych; opracowanie nowego typu napędu do odłączników stacyjnych słupowych typu dźwigniowego, wyposażonego w przełącznik sygnałowy.

3) Dział odłączników. Zamierzone jest opracowanie konstrukcyjne kolumny sterowniczej do odłączników 110-kilowoltowych, wyposażonej w przełącznik sygnałowy, rygiel elektromagnetyczny oraz sterownik elektropneumatyczny do sterowania powietrznego odłącznika.

4) Dział rozdzielni. Zamierzenia obejmują: a) opracowanie konstrukcyjne oraz wykonanie prototypu dwuczłonowego pola uniwersalnego rozdzielni, osłoniętych od wody kapiącej, z wyłącznikiem małoolejowym typu WMG6/6/2 o pojedynczym układzie szyn zbiorczych; b) opracowanie konstrukcyjne oraz wykonanie prototypu pola typu S006, wyposażonego w odłącznik mocy; c) opracowanie konstrukcyjne pola typu S006 wyposażonego w odłącznik bezpiecznikowy; d) opracowanie konstrukcyjne oraz wykonanie prototypu dwuczłonowego pola uniwersalnego rozdzielni osłoniętych od wody kapiącej z wyłącznikiem małoolejowym o podwójnym układzie szyn zbiorczych.

4. Obecny stan biura konstrukcyjnego aparatów wysokiego napięcia i jego potrzeby organizacyjne.

Biurowo utworzono z istniejącego na terenie A-10 biura konstrukcyjnego rozdzielni oraz z przeniesionej na początku roku 1952 części biura konstrukcyjnego aparatów w. n. z Zakładu

MGR INŻ. M. NAWROT
MGR INŻ. ZB. WOYNAROWSKI
Centr. Zarz. Przem. Masz. Elektr.

Prace konstruktorskie w dziedzinie łączników przemysłowych

62.002.86:621.316.5.027.2:621.316.267

Treść. Na tle prac konstruktorskich zakładu A-8 zarysowuje się konieczność utworzenia wydziału produkcji nietypowej dla przemysłowej aparatury łącznikowej. Projekt organizacji takiego wydziału jest bliżej omówiony.

Конструкторские работы в области распределительных аппаратов низкого напряжения. В связи с конструкторскими работами завода А-8 выдвигается необходимость создания особого отделения для производства нетиповых промышленных распределительных аппаратов. Обсуждается проект организации такого отделения.

The work of L. T. switchgear design offices. The work carried out by the design office of the A-8 Works reveals the need for organizing a department concerned with the production of non-typical constructions of industrial switchgear. The author deals at some length with the draft project for such a works' department.

1. Profil produkcyjny Zakładu A-8.

Zakład A-8 buduje ciężką aparaturę przemysłową, w szczególności łączniki rozdzielcze i nastawcze oraz zespoły aparatowe. Początkowo przewagę miała aparatura dźwigowa. Obecnie podstawowym seryjnym wyrobem zakładów są bezpieczniki mocy drugiej i trzeciej wielkości, duże wyłączniki samoczynne na napięcie do 500 V, duże styczniki manewrowe, wyłączniki krańcowe dźwigniowe i wrzecionowe oraz rozdzielnie dźwigowe.

W niewielkich seriach budowane są wyłączniki szybkie prądu stałego, wyłączniki rozdzielcze, styczniki i sterowniki morskie oraz sterowniki hutnicze.

Jednostkami wykonuje się zespoły stycznikowe na prąd stały i zmienny przeznaczone do automatyzacji obrabiarek i innych procesów produkcyjnych. Do tych zespołów rozpoczęto produkcję styczników i przekładników przystosowanych do ciężkiego ruchu przemysłowego.

Zakład ma szereg oddziałów produkcji seryjnej; w stadium organizacji jest oddział produkcji nietypowej (jednostkowej). W dziale głównego konstruktora pracuje oddział budowy pierwowzorów. Tu buduje się również jednostkami aparaturę w przypadkach, gdy dokumentacja na poszczególne aparaty nie jest jeszcze zakończona, a potrzeby odbiorców wymagają krótkich terminów dostawy.

2. Organizacja i skład biura konstrukcyjnego.

Organizacja działu głównego konstruktora opiera się w zasadzie na obowiązującym schemacie organizacyjnym. Ponieważ

A-1. Personel pierwszego z tych biur musiał być przyciągnięty częściowo do zagadnień aparaturowych kosztem redukcji czasu, przeznaczonego na opracowywanie rozdzielni według indywidualnych zadań odbiorców. Zaczęto więc (nie bez oporu niekiedy ze strony odbiorców) szerzej stosować w dziedzinie rozdzielni konstrukcje znormalizowane zamiast rozwiązań indywidualnych. Punkt ciężkości prac biura zaczął stopniowo przesunąć się na zagadnienia aparaturowe, co wymaga mocnej obsady biura wysokokwalifikowanymi pracownikami, a pod tym względem biuro dotychczas napotyka trudności. Źródłem trudności w pracy biura nad dokumentacją, warunkami technicznymi, instrukcjami kontroli i eksploatacji, wykonywaniem prototypów itd. są dotychczas również braki materiałowe, brak wymaganego kierownictwa ruchem racjonalizatorskim, uzależnienie biura od zakładu macierzystego, brak wyposażenia laboratoryjnego do prób, pomiarów i badań elektrycznych i mechanicznych itd.

Do podniesienia poziomu biura, wydajności jego pracy i poprawy wyników ostatecznych niezbędne są: 1) nowe formy organizacyjne biura; 2) choćby niewielkie wyposażenie maszynowe warsztatu prototypów; 3) poprawa warunków pracy dla pracowników biura odpowiednio do poziomu plac w biurach projektowych innych specjalności dla zapobieżenia ucieczce pracowników; 4) stworzenie pewnej dyscypliny prawnej w stanie dotychczasowego ruchu racjonalizatorskiego; 5) pomoc zakładów naukowych w rozwiązywaniu zagadnień, których zarówno z braku odpowiednich sił fachowych, jak i możliwości technicznych, nie podobna rozwiązać w biurze; oto przykłady takich zagadnień:

a) rozwiązanie analityczne przebiegów napięciowych przy gaszeniu łuku elektrycznego w komorach różnych systemów wyłączników, z podaniem parametrów konstrukcji, warunkujących najkorzystniejszy przebieg tych zjawisk;

b) przeanalizowanie dotychczasowych i określenie najkorzystniejszych przedkości załączania oraz wyłączania dla różnych typów wyłączników;

c) uruchomienie badań nad zjawiskiem łuku w wyłącznikach;

d) pomoc przy opracowywaniu bezpieczników mocy na większe natężenia prądów znamionowych oraz podwyższenie mocy wyłączalnej bezpieczników istniejących;

e) utrzymywanie przez zakłady naukowe stałego kontaktu z biurem za pomocą biuletynów informacyjnych oraz udział pracowników biura w konferencjach, naradach i zjazdach naukowych.

tematyka prac i rozmiary działu przerastają bieżące doraźne potrzeby zakładu, biuro konstrukcyjne podlega pod względem planu prac i tematyki technicznej bezpośrednio głównemu konstruktorowi CZPME jako wydzielone biuro konstrukcyjne.

W skład biura konstrukcyjnego wchodzi między innymi następujące oddziały: oddział studiów, oddział konstrukcyjny, oddział badań i prób (laboratorium), oddział budowy pierwowzorów, zakładowa komórka normalizacyjna oraz wydzielona sekcja graficzna.

Oddział studiów przygotowuje przede wszystkim nowe opracowania w stadium projektu wstępnego. Oddział ten dzieli się na razie na następujące sekcje: 1) łączników, 2) zespołów aparatowych, 3) warunków technicznych. Niezbędne jest uruchomienie sekcji przekładników i zabezpieczeń, sekcji technologicznej oraz sekcji informacji technicznej, która miałaby zadanie sporządzania i aktualizowania kart katalogowych, prowadzenia korespondencji technicznej z odbiorcami, opracowywania technicznej strony ofert, a także łączność z odbiorcami, biuletyny do pracy techniczne, dla biur zbytu itp.

Oddział konstrukcyjny składa się z czterech sekcji: obsługi zakładu, wyłączników, aparatury do automatyki oraz zespołów aparatowych.

Oddział badań i prób (laboratorium) wykonywa próby konstruktorskie na modelach i pierwowzorach, próby typu i próby sprawdzające na aparatach z produkcji seryjnej. Monterzy tego

oddziału budują również pierwowzory i modele użytkowe zespołów aparatowych.

Oddział dysponuje podręczną zwarcioznią prądu stałego, dającą około 7 kA przy 300 V prądu stałego. Po uruchomieniu drugiej prądnicy zwarciowej i zainstalowaniu przegród na komutatorach spodziewane jest uzyskanie co najmniej 15 kA przy 300 V pr. st. lub 7,5 kA przy 600 V pr. st. Prądnica zwarciowa do doróżnych prób konstruktorskich zaoszczędziła wiele czasu i rozczarowań przy projektowaniu nowych aparatów, ujawniając na modelach słabe punkty i błędy założeń.

Oprócz prądnic zwarciowych laboratorium ma kilka niewielkich prądnic do prób ruchowych przy prądzie stałym, transformator do prób ruchowych przy prądzie trójfazowym i napięciach do 600 V pr. zm., transformator niskonapięciowy do prób prądowych do 10 kA oraz transformator probierczy do prób napięciowych do 60 kV. Dla odtworzenia warunków specjalnych i morskich służy higrostat i wstrząsarka, której napęd pracuje w układzie Leonarda, pozwalając na szeroką regulację częstotliwości drgań. Do prób wytrzymałości osłon na uderzenie jest zbudowane stanowisko wyposażone w młot wahadłowy ze znormalizowanymi ciężarkami.

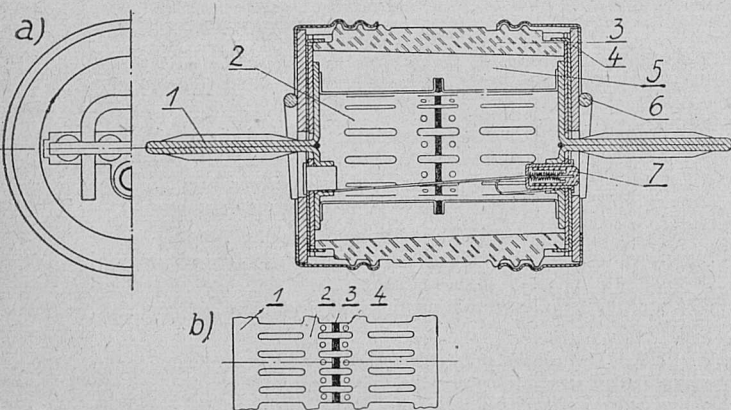
Poza kompletem normalnych mierników ruchowych laboratorium ma ferrograf, pozwalający na sfotografowanie krzywej magnesowania blach, fluksomierz do pomiarów natężenia pola magnetycznego i indukcji, a także do pomiarów szczytowych wartości prądów metodą pręciaków magnetycznych oraz ścisły megomierz lampowy do dokładnych pomiarów oporności izolacji i okresowego sprawdzania ruchowych mierników izolacji. Brak jednak oscylografu pętlicowego oraz elektrycznego miernika czasu niezbędnego do pomiaru czasów załączania i wyłączania styczników i przełączników, brak komory do prób korozyjnych, komory do prób pyłowych, stanowiska do prób odporności na wstrząsy i innego wyposażenia.

Oddział budowy pierwowzorów wymaga nowoczesnego wyposażenia w obrabiarki.

Ważnym lecz niedocenianym czynnikiem ułatwiającym szkolenie i normalną pracę konstruktora jest muzeum konstrukcyjne czyli tzw. wzorownia. Gromadzone są tam aparaty po ciężkich uszkodzeniach, luźne części aparatów, modele własnych konstrukcji, a zwłaszcza kolejne ich warianty, kompletne pierwowzory i to, co pozostało z nich po odbyciu prób typu i prób niszczących, wzory kompletnych aparatów obcej produkcji itp. Zapewnienie wzorowni odpowiedniego pomieszczenia i utrzymywanie zbiorów w należytej porządku powinno być uważane za rzecz ważną dla pomyślnego rozwoju rodzimej myśli konstruktorskiej.

3. Najważniejsze aktualne prace doświadczalne i konstrukcyjne.

Biurowe konstrukcyjne prowadzi równolegle szereg prac stanowiących przystosowanie dokumentacji licencyjnej, odzworowanie obcych konstrukcji i opracowania własne. Poniższy przegląd

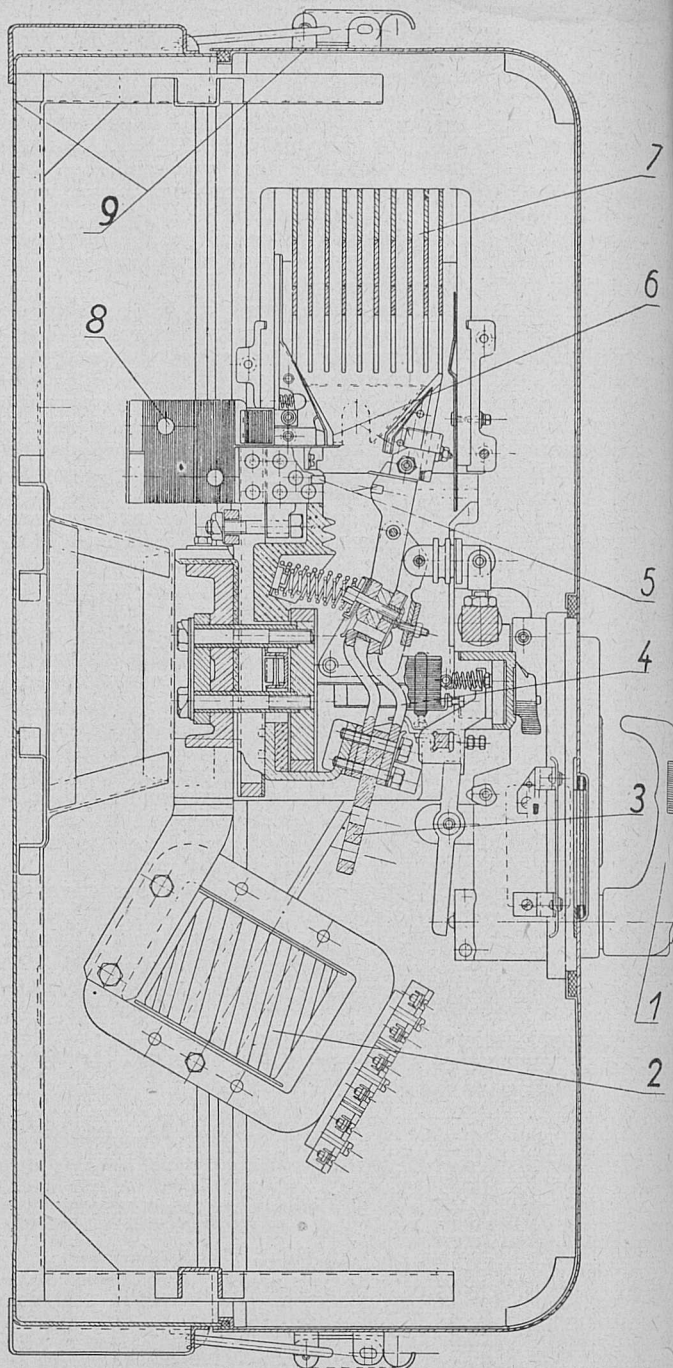


Rys. 1. Usprawniona konstrukcja bezpiecznika mocy

a) Przekrój i widok bezpiecznika: 1 - zacisk nożowy, 2 - kosz topikowy, 3 - kadłub szklany, 4 - nakrętka i uszczelnienie, 5 - wnętrze bezpiecznika wypełnione gąsiem, 6 - klamra klinowa służąca do uruchomienia układu przewodzącego, 7 - mechaniczny wskaźnik zadziałania
b) Rozwinięcie kosza topikowego: 1 - miejsce zgrzewania do płytki zaciskowej, 2 - mostek zapłonowy, 3 - miejsce przeciążeniowe, 4 - miejsce zwarciowe.

ogranicza się do najciekawszych prac, związanych z rozwojem budowy łączników przemysłowych, które są niezbędne dla naszego przemysłu i energetyki.

Postęp techniczny wymaga stałego ulepszania konstrukcji nie tylko dla uzyskania lepszych wskaźników technicznych, lecz



Rys. 2. Wyłącznik zwarciowy typu APU 30, wariant B, w osłonie (przekrój)

1 - ręczny napęd przedni, 2 - elektromagnesowy napęd zdalny, 3 - zacisk dolny, 4 - przejście podatne, 5 - styki główne, 6 - styki opalne, 7 - komora łukowa, 8 - zacisk górny, 9 - osłona z blachy stalowej.

również dla ułatwienia produkcji, zaoszczędzenia pracy i materiału, a to z kolei wymaga długiej i ciężkiej pracy konstruktora.

a) Bezpieczniki mocy. Na podstawie projektu racjonalizatorskiego opracowano usprawnioną konstrukcję bezpieczników mocy wszystkich trzech wielkości (rys. 1). Przy zachowaniu niezmienionych kształtów zewnętrznych wprowadzono szereg zmian konstrukcyjnych. W szczególności uległ zmianie kształt wkładki topikowej, gdzie na podstawie ostatnich doświadczeń zagranicznych wprowadzono mostki zapłonowe między paskami topikowymi. Uzyskuje się przez to równomierny rozkład łuku między wszystkimi paskami, co zwiększa wyłączalność. Dotychczasową konstrukcję miejsc przeciążeniowych, wykonanych w postaci wgłębień paska zalanych cyną, zastąpiono topikami z czystej cyny. Uzyskano przez to znaczne obniżenie temperatury granicznej bezpiecznika. Usuwa się również w ten sposób wpływ dłuższej trwającej przeciążeń na charakterystykę zadziałania. Przez zgrzewanie elementów topikowych wprost z płytkami za-

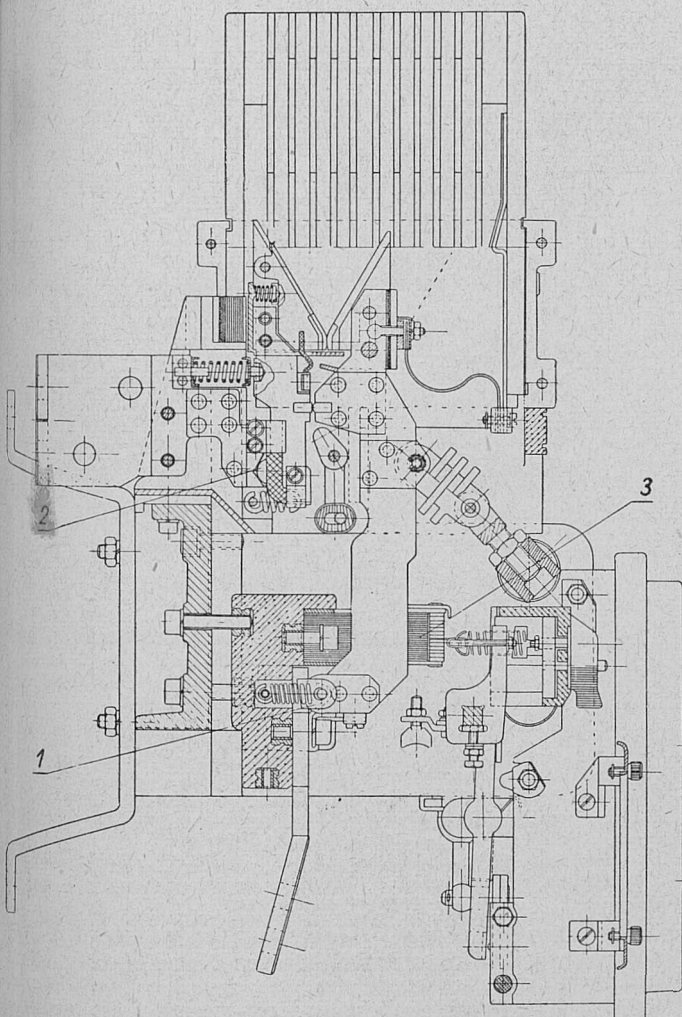
diskowymi szyn obniżono temperaturę roboczą bezpiecznika i usunięto lutowane połączenia stykowe niepewne pod względem zwarciowym. Równocześnie umożliwiono zgrzewanie zacisków z elementem topikowym poza obrębem kadłuba tak, że cały układ przewodzący bezpiecznika można łatwo skontrolować przed montażem; uzyskano przy tym znaczną oszczędność miedzi.

Zmieniono również wskaźnik zadziałania. Dawny pasek folii aluminiowej zastąpiono dobrze widocznym wskaźnikiem mechanicznym, którego drut topikowy o dużej oporności nie wpływa na charakterystykę bezpiecznika i nie powoduje pękania kadłuba szklanych.

Zdjęcie dokładnych charakterystyk nastąpi po otrzymaniu wykrojników do elementu topikowego i walców, służących do kalibracji blachy, z której będą wycinane elementy topikowe. Tą drogą dąży się do zmniejszenia rozrzutu charakterystyki.

b) Uniwersalne wyłączniki zwarciowe. W dziedzinie wyłączników zwarciowych należy wspomnieć o opracowywanej rodzinie wyłączników zwarciowych typu APU. Droga do ostatniego wariantu pierwszej wielkości zwarciowej prowadziła przez szereg typów pośrednich. Typ ATKU eliminował odlewy mosiężne z wyłącznika ATK-400; typ ATKS wprowadził odporny na wstrząsy zamek przegubowy; typ ATS wszedł do produkcji jako wyłącznik samoczynny dla statków morskich; typ ATU zawierał zmieniony układ styków opalnych i komorę z płytkami dejonizacyjnymi.

W typie APU-30, wariant B (rys. 2), wprowadzono napęd przedni, charakterystyczny adynamiczny układ przewodzący, no-



Rys. 3. Wyłącznik zwarciowy typu APU 30, wariant C (przekrój)
1 — przejście dociskowe ruchomego ramienia stykowego, 2 — przejście dociskowe odsprężynowanego styku nieruchomego, 3 — wyzwalacz elektromagnetyczny szybki

w kinematykę styków, nowy typ komory łukowej szczelinowej dyszowej z płytkami dejonizacyjnymi, budowę kostkową elementów wyposażenia oraz nowy typ osłony. Model tego wyłącznika, umieszczony w osłonie, wyłączył poprawnie największy możliwy do uzyskania w krajowej zwarciowni prąd 23 kA przy 500 V prądu trójfazowego i $\cos \varphi$ mniejszym od 0,4.

W typie APU-30, wariant B (rys. 3), zmieniono układ styków opalnych. Dodano odsprężynowany styk opalny i ukryto nabiegunki stykowe pod szerokie powierzchnie chłodzące. Próby w zwarciowni zakładowej przy 7 kA, 300 V pr. st. wykazywały prawidłowe przerywanie prądu na stykach opalnych bez przypadkowych mechanicznych zacięć, które występowały w wariantcie A.

W obu pierwszych wariantach zastosowano przejście podatne z folii między szyną ruchomą a nieruchomą. Ze względu na sztywność tego przejścia nie można było przenieść tej konstrukcji na dalsze wielkości wyłącznika.

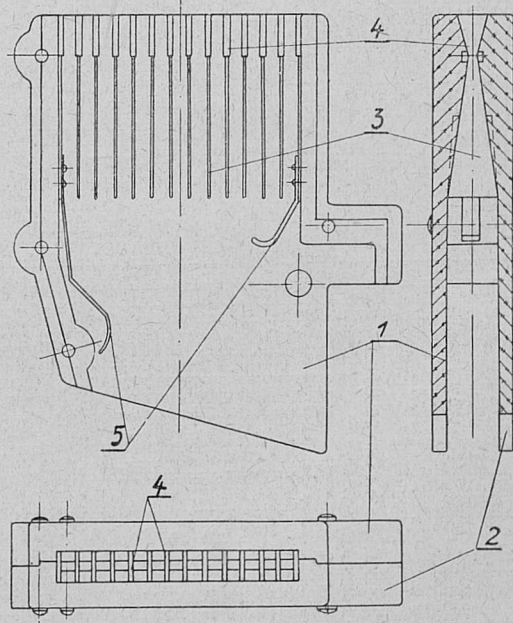
Na podstawie doświadczeń z wariantem A i B powstał APU-30, wariant C. Pozostało tu poprzednie rozwiązanie styków opalnych i komory łukowej. W zmienionym układzie przewodzącym zastosowano przejście dociskowe bocznikowane giętką plecionką o niewielkim przekroju. Równocześnie całkowicie zmieniono układ izolacyjny. Zamiast montażu na prętach stalowych izolowanych wprowadzono montaż układu przewodzącego na wypraskach z włókniutu lub tekstolitu skrawkowego. Przy zmienionym mechanizmie zamka pewnych dalszych uproszczeń doznał układ wyzwalający (rys. 3).

Wyłącznik APU-30, wariant C, pozwala na utworzenie geometrycznie podobnej rodziny wyłączników w trzech wielkościach zwarciowych i dziewięciu wielkościach obciążalności. Projektowane są następujące wielkości:

- 1) APU-30 — rząd wyłączalności W25 (25 kA przy 500 V pr. zm.), obciążalność 400, 600 i 1000 A,
- 2) APU-50 — rząd wyłączalności W40 (40 kA przy 500 V pr. zm.), obciążalność 1000, 1600, 2000 A,
- 3) APU-90 — rząd wyłączalności W70 (70 kA przy 500 V pr. zm.), obciążalność 2000, 2500, 3200 A.

Wszystkie wyłączniki otrzymają pełne wyposażenie związane, budowę systemem kostkowym.

Tu należy wspomnieć o nadprądowych wtórnych przekładnikach cieplnych z płynnym zakresem regulacji w granicach $(1-2) I_n$. Regulację tę uzyskuje się przez zmianę rozproszenia przekładnika prądowego. Element termobimetalowy przekładnika odznacza się migowym działaniem i samoczynnym powrotem po ostygnięciu. Łącznik pomocniczy jest oparty na znormalizowanych elementach. Do przyłączenia obwodów pomocniczych służy nowy typ zacisków rzędowych.



Rys. 4. Nowa komora łukowa wyłącznika ATK 400, oparta na zasadzie komory wyłącznika APU

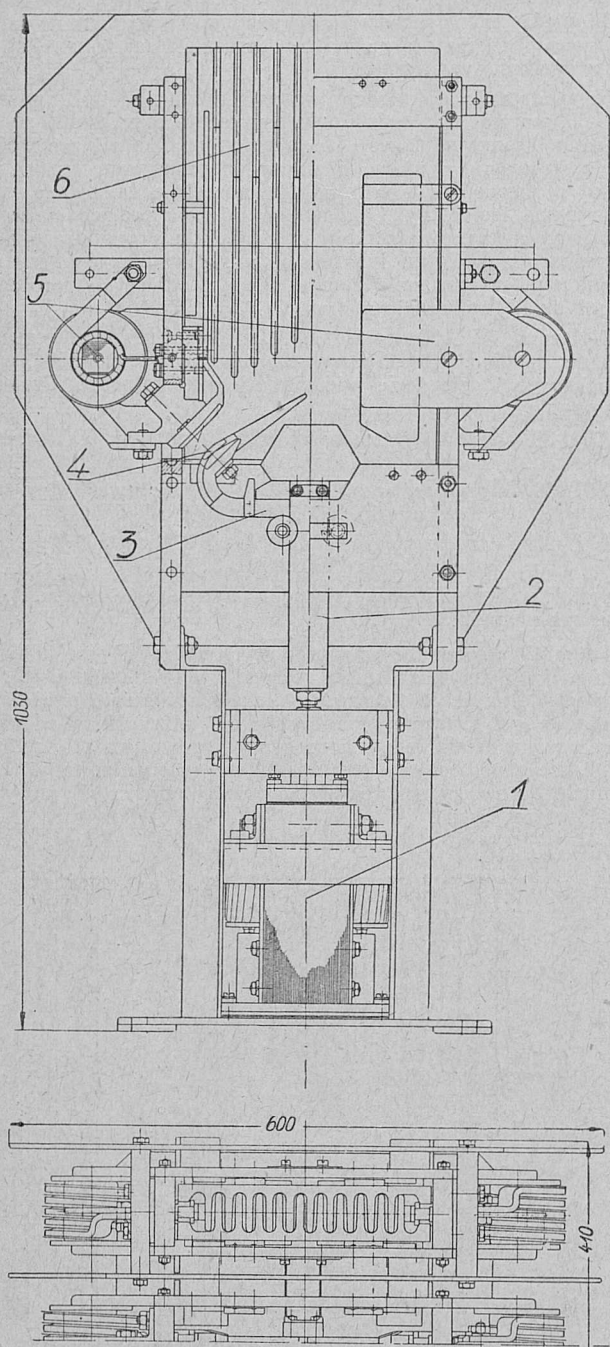
1, 2 — kształtki azbestocementowe, 3 — stalowe płytki dejonizacyjne, 4 — azbestocementowe przegrody poprzeczne, 5 — rozki łukowe

Wyłączniki będą mogły być dostarczone w wykonaniu otwartym lub w osłonach z blachy stalowej. Po zdjęciu pokrywy cały wyłącznik jest łatwo dostępny do oględzin.

Pierwotory wyłącznika APU-30, warianty B i C, były poddane próbom zwarciowym w Czechosłowacji. W wyniku prób stwierdzono wyłączalność znamionową rzędu W25 przy napięciu 500 V

pr. zm. Wylączalność graniczna jednorazowa jest rzędu 35 kA przy napięciu 500 V prądu trójfazowego. Przy prądzie stałym wylączalność znamionową można przyjąć rzędu 25 kA przy napięciu 440 V.

Doświadczenie zdobyte przy opracowaniu wyłączników APU zostało wykorzystane dodatkowo przez zastosowanie do wyłączników ATK-400 i ATK-1500 komór łukowych typu APU (rys. 4).



Rys. 5. Stycznik elektromagnetyczny suchy dla prądu trójfazowego o napięciu do 6000 V

1 — napęd elektromagnesowy o ruchu prostoliniowym zasilany napięciem zmiennym 220, 380 lub 500 V (lewa połowa rysunku pokazuje widok stycznika po usunięciu przegrody międzybiegunowej i jednej połowki ceramicznej komory łukowej), 2 — izolator, 3 — mostek stykowy, 4 — styki z nakładkami spiekowymi, 5 — elektromagnes wydmuchowy, 6 — ceramiczna komora łukowa.

Komory te poprawiają wylączalność wyłączników ATK do czasu zastąpienia ich przez wyłączniki APU. Również użytkownicy mający obecnie w ruchu wyłączniki ATK-400 ze starymi komorami otwartymi będą mogli zwiększyć ich pewność zwarciową przez wymianę komór na nowe komory typu APU.

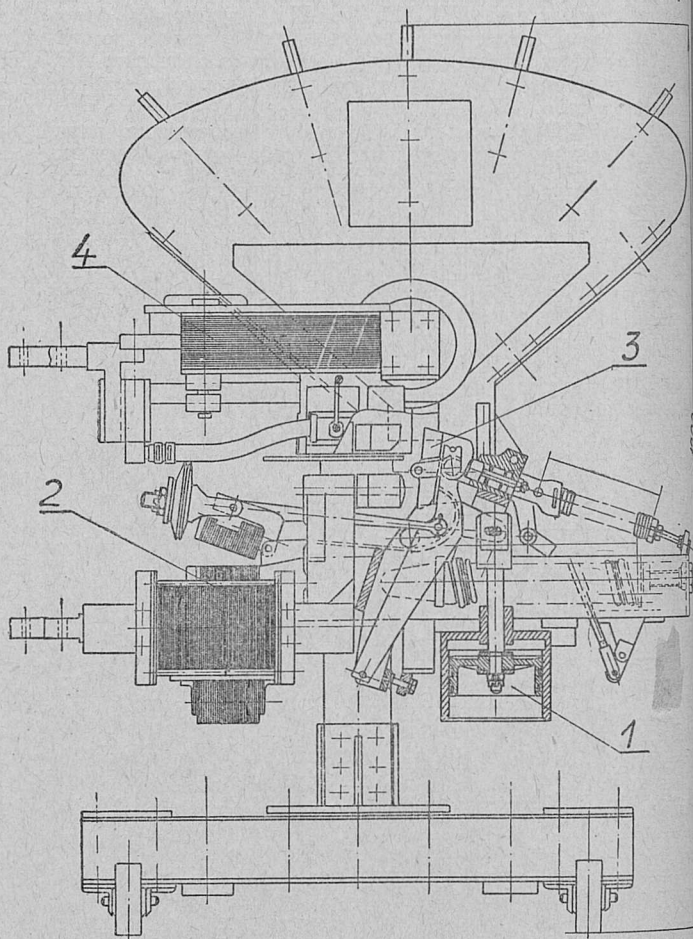
c) Łączniki nastawcze dla prądu zmiennego. Należy wspomnieć, że do stycznika ST-350 i ST-200 zastosowano również komory łukowe typu APU. Próby zwarcia stycznika ST-350 z nowymi komorami pokazały, że przy przerywaniu prądu

o wartości $7I_n$ tj. ok. 2500 A, przy napięciu powrotnym 500 V prądu trójfazowego i $\cos \varphi$ ok. 0,2 łuk nie wychodził poza obręb komór. W porównaniu z dotychczas używanymi komorami przewiduje to na umieszczanie styczników w osłonach i zmniejszenie wymiarów stycznikowni otwartych.

Pierwowzór nastawnika olejowego typu NWN-6 dla silników na napięcie do 6 kV i moc do 350 kW został oddany do próbnego eksploatacji na jednej z kopalni węgla. Konstrukcja wykazuje jednak szereg usterek mechanicznych i wymaga zmian w układzie napędu. W przyszłości należy wszędzie nastawniki z napędem ręcznym zastąpić układami styczników elektromagnetycznych.

Pierwowzory stycznika typu St-6/200 (rys. 5), przeznaczonego do silników na napięcie do 6 kV i moc do 1200 kW, przeznaczone do próby łączalności. Ponieważ próby wykonywa się na wyłączniku z komorami z materiału zastępczego, wyniki ich będą tylko orientacyjne.

Produkcja tego stycznika napotyka trudności technologiczne w wykonaniu wyprasek ceramicznych dla komór łukowych szczelinowych dyskowych o szczelinie falistej. Wobec odmowy pro-



Rys. 6. Jednobiegunowy wyłącznik szybki prądu stałego typu WUT; obciążalność 8 kA lub 12 kA (chłodzenie wodne styków) napięcie robocze do 600 V

1 — pneumatyczny napęd zdalny, 2 — przychwyt elektromagnetyczny z uzwojeniem wyzwajającym, 3 — ruchomy mostek stykowy, 4 — elektromagnes wydmuchowy

dukowania tych komór ze strony Zakładu A-16 opracowania ich podjął się prof. J. Skowroński. Również Centralne laboratorium przemysłu materiałowego ogólnego wyraziło gotowość opracowania tych komór, lecz powierzenie mu tej pracy napotykało trudności natury finansowej.

Stycznik St-6/200 jest przewidziany jako typowy element łącznikowy dla znormalizowanych samoczynnych zespołów rozruchowych do silników synchronicznych i asynchronicznych. Wchodzi on również w skład aparatury do głównych maszyn wyciągowych na prąd zmienny, budowanej przez Zakład A-8.

W ramach aparatury nastawczej sterowniczej zaprojektowano szereg łączników sterowniczych, jak sterowniki hutnicze cztery i sześciostycznikowe typu HS-4 i HS-6 (seria pierwowzorowa w montażu), sterowniki dźwigowe DS-12 i DS-20, sterowniki morskie typu AWO-1 i AWO-11 dwunast stycznikowe w osłonie

strugoszczelnej, sterownik do maszyn wyciągowych WZS, łącznik do hamulca bezpieczeństwa WZL, łącznik krańcowy i sprzęgłowy do maszyny wyciągowej WZKS i szereg innych. We wszystkich tych łącznikach sterowniczych został zastosowany jeden typ stycznika mechanicznego.

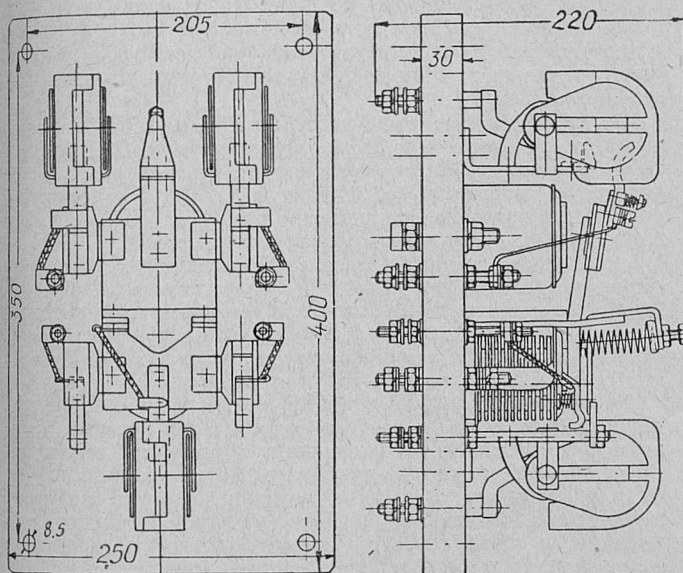
d) Włączniki szybkie i wyłączniki zapadkowe prądu stałego. Zakład A-8 specjalizując się w budowie aparatury prądu stałego oddaje do dyspozycji projektantów pełny asortyment wyłączników szybkich na wszystkie napięcia przemysłowe i trakcyjne.

Włączniki szybkie typu WAB-2 o obciążalności 600, 1000, 2000 i 3000 A dla napięć 600, 1500 i 3000 V budowane są na podstawie licencji radzieckiej.

Wyłącznik WUT-8/12 o obciążalności 8000/12000 A, 250 V (rys. 6), przeznaczony do urządzeń elektrolizowych.

Próby zwarciowe wyłączników WAB2 krajowej produkcji wykazały prawidłowe działanie wyłączników. Przy prądach zwarciowych 40 kA i stromości narastania 2.10^3 kA/s czas własny wyłączników wynosił od 1,5 do 3,0 ms w zależności od wielkości aparatu.

Seria pierwowzorowa wyłączników WUT-8/12 będzie wkrótce oddana do eksploatacji. W stadium opracowania znajduje się wyłącznik szybki pojazdowy dla lokomotyw trakcji głównej na 3000 V, budowany również według licencji radzieckiej. Projekto-



Rys. 7. Styczniko-przerwnik na prąd stały typu Sp 27—21 z cewką prądową i cewką napięciową

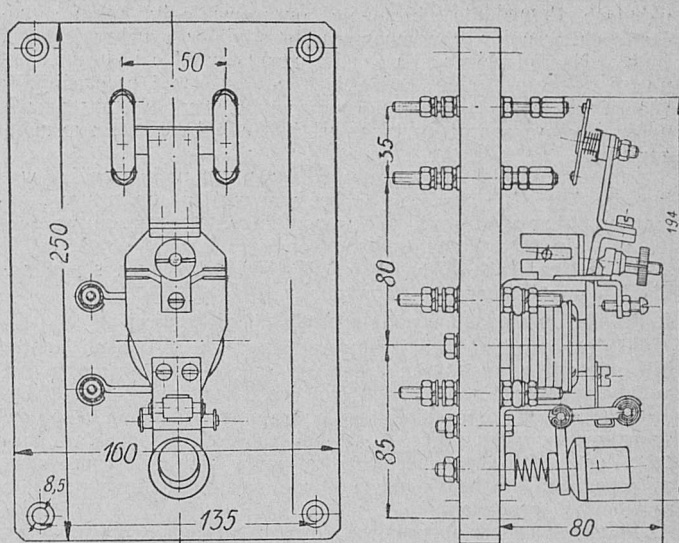
wane jest odwzorowanie radzieckich anodowych włączników szybkich do prostowników (typ WAB-6) w dwóch lub trzech wielkościach.

Dla zabezpieczenia prądnic, w szczególności okrętowych, służy wyłącznik ATS z wyposażeniem przekątnikowym. Również wyłącznik APU jest przeznaczony do pracy przy prądzie stałym.

e) Styczniki i przekaźniki przemysłowe. Do sterowania napędów pomocniczych okrętowych służą styczniki i przerwniki budowy ciężkiej o obciążalności do 300 A typu SM i PM.

Szeroki dobór styczników i przekaźników przemysłowych, odtworzony ze wzorów radzieckich, zaprojektowano dla zaspokojenia potrzeb hutnictwa i przemysłu obrabiarkowego. Rodzina styczników typu Sp (radzieckie oznaczenie КП) obejmuje 6 wielkości łączeniowych dla obciążalności od 25 do 600 A. Przewidziano wykonania jedno- i wielobiegunowe, w układzie stycznika lub przerwnika, w obu tych układach, z uzwojeniami szeregowymi i bocznikowymi, itp. (rys. 7).

Przekaźniki elektromagnetyczne typu PE (radzieckie oznaczenie РЭ) budowane są w 4-ch wielkościach obwodu magnetycznego jako szybkie, zwłoczne i zatraskowe, z uzwojeniem napięciowym i prądowym (rys. 8 i 9). Serie pierwowzorowe tych przekaźników przeszły pomyślnie próby eksploatacyjne.



Rys. 8. Przemysłowy przekaźnik elektromagnetyczny nadprądowy zatraskowy typu PE O

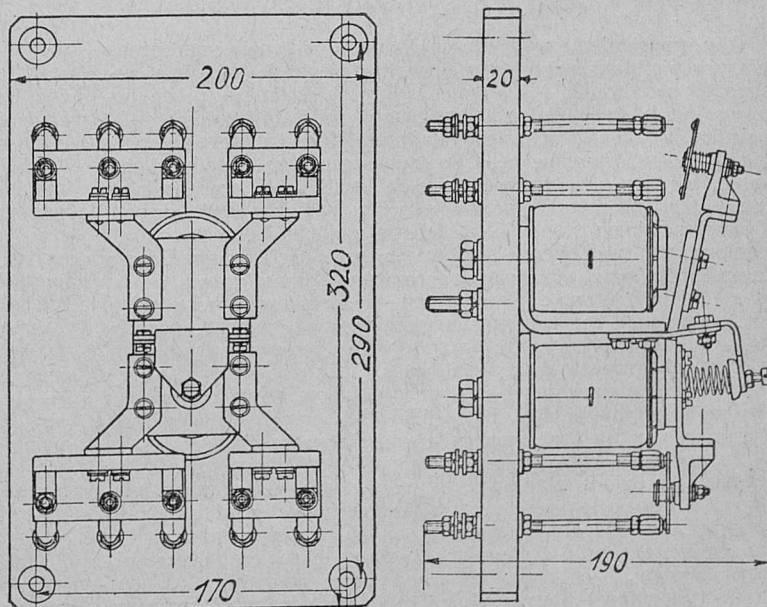
Wymienione styczniki i przekaźniki pozwolą na szybkie przeniesienie do nas doświadczenia radzieckiego w dziedzinie automatyki napędów, służąc równocześnie jako elementy zapasowe do urządzeń dostarczanych przez Związek Radziecki.

f) Łączniki nastawcze sterownicze. Dla uzupełnienia pełnego asortymentu łączników potrzebnych przy automatyzacji napędów przemysłowych zostały odwzorowane radzieckie łączniki sterownicze i krańcowe typu KA-4000, i KU-13, w tym łącznik drogowy KA-4188 z napędem mechanicznym i 24-ma stycznikami oraz sterownik programowy KA-4289 z napędem silnikowym.

Zakład A-8 buduje również kompletną aparaturę nastawczą dla wielkich maszyn wyciągowych na prąd stały w układzie Leonarda. Aparatura ta jest oparta na wzorach pracujących w przemyśle węglowym, lecz zastosowano do niej jak najwięcej znormalizowanych elementów.

g) Sterownicze zespoły łącznikowe. Pierwsze doświadczenia w budowie zespołów aparatowych doprowadziły do opracowania własnego systemu dokumentacji schematowej. Obecne prace mają na widoku prostsze układanie przewodów, wprowadzenie metod szybkościowego sprawdzania układów oraz uzyskanie lepszego wyglądu zespołów.

Zakład A-8 stawia się na indywidualne wykonywanie wszelkich zespołów sterowniczych dowolnej wielkości w dowolnych



Rys. 9. Przemysłowy przekaźnik napięciowy elektromagnetyczny typu PE 30 z pięcioma zespołami styków zwierających i rozwierających

układach. Przewiduje się również opracowanie typowych samoczynnych zespołów rozruchowych do silników synchronicznych.

h) Normalizacja elementów konstrukcyjnych. Odzworowanie radzieckich styczników i przekaźników znacznie polepszyło stan normalizacji elementów konstrukcyjnych, gdyż w aparatach tych jest blisko 40% części znormalizowanych.

Znaczny odsetek części znormalizowanych mają również wyłączniki APU. Nie pozostało to bez wpływu i na aparaturę dawniej produkowaną, gdyż, jak wspomniano, do szeregu wyłączników i styczników zastosowano komory łukowe typu APU.

W wyłącznikach ATK-400 i ATK-1500 wprowadza się jednolity typ wyłączalcy napięciowych.

4. Projekt organizacji wydziału produkcji nietypowej.

Zakres opracowanych i wprowadzanych do produkcji aparatów pozwoli w niedługim czasie na szersze stosowanie pełnej automatyzacji procesów przemysłowych. Łączniki automatyki będą wykorzystane przeważnie jako podzespoły do budowy zespołów aparatowych, wchodzących w skład typowych układów automatyki. Zapotrzebowanie aparatów i zespołów aparatowych ze strony przemysłu nie będzie niewątpliwie tak duże, aby wymagało seryjnej ich produkcji.

Przemysł będzie potrzebował również szeregu aparatów i zespołów nietypowych w ilościach nie przekraczających kilku lub kilkunastu sztuk jednorazowo.

Skonstruowanie i wykonanie niewielkiej liczby, a nawet pojedynczych sztuk aparatów czy zespołów aparatowych oraz produkowanie szerokiego asortymentu aparatów w małych seriach jest niewykonalne w zakładach, nastawionych na produkcję seryjną o wysokich współczynnikach ekonomicznych i ścisłym rozliczeniu materiałowym i pracujących na podstawie długookresowych planów produkcyjnych. Stąd też pochodzi trudności w otrzymaniu przez przemysł aparatury nie objętej katalogami centralnego zarządu zbytu elektrotechnicznego lub której przewidziana produkcja nie zamyka się cyfrą kilkuset albo kilku tysięcy sztuk, choć skonstruowanie takiej aparatury i produkcja jej nie nastroją specjalnych trudności technicznych.

Zapotrzebowanie ze strony przemysłu aparatury nietypowej w drobnych ilościach — zarówno łączników, jak i zespołów aparatowych — wzrasta stale i będzie wzrastać w miarę coraz szerszego wprowadzania automatyki przemysłowej. Dla pokrycia tego zapotrzebowania jedynym celowym rozwiązaniem byłoby wydzielenie z Centralnego zarządu przemysłu maszyn i aparatów elektrycznych zakładu produkcyjnego, nastawionego specjalnie na wykonywanie jednostkowej i małoseryjnej aparatury nietypowej oraz zespołów aparatowych nietypowych.

Zagadnienia tego nie można rozwiązać mechanicznie. Zakład produkcji nietypowej (według określeń radzieckich „zawod niestandardnych izdelij”), mógłby powstać ze specjalnego wydziału produkcji nietypowej, stworzonego w jednym z istniejących zakładów, gdzie ten nowy wydział zdobyłby doświadczenie pod względem zarówno organizacyjnym, jak i techniczno-produkcyjnym. Na początek taki wydział zatrudniałby 60 do 80 pracowników i stopniowo rozszerzałby się do całkowitego wyodrębnienia się.

Aby uruchomienie wydziału specjalnego osiągnęło zamierzone cele, wydział taki powinien pracować szczególnie sprawnie, np. okres od zamówienia i uzgodnienia danych technicznych do gotowego produktu powinien wynosić najwyżej 3 do 6 miesięcy dla łącznika, a 6 do 12 miesięcy dla przeciętnie trudnego zespołu aparatowego. Potrzebne będą do tego szczególne metody planowania, odrębne zaopatrzenie, wysokie kwalifikacje pracowników, mocne biuro konstrukcyjne na wysokim poziomie technicznym. Wydział powinien stanowić na terenie zakładu jednostkę wyodrębnioną pod względem planowania produkcji, zaopatrzenia i współpracy oraz wskaźników techniczno-ekonomicznych.

a) Planowanie produkcji jednostkowej może odbywać się w skali rocznej jedynie globalnie pod względem wartości, planowanie zaś produkcji małoseryjnej typowych aparatów — w ogólnych grupach asortymentowych.

W zakres planowanego asortymentu typowego wejdą wyłączniki szybkie typu WAB-2, BWP i WAB-6, przekaźniki typu PE, styczniki typu Sp oraz znormalizowane zespoły aparatowe.

Za podstawę wykonania kwartalnych i miesięcznych planów produkcji wydziału winna być brana pod uwagę produkcja globalna. Warunek ten jest w pełni uzasadniony, gdyż cykl produkcyjny np. zespołu sterowniczego lub nietypowego łącznika przechodzi fazę prób i poprawek, co trwa zazwyczaj dłużej niż jeden kwartał.

Asortymentowy plan produkcji aparatów typowych wykonywanych w małych seriach powinien być ustalony na podstawie realnych zamówień zewnętrznych, składanych bezpośrednio do

wydziału zbytu zakładu, dla którego sekcja informacji technicznej biura konstrukcyjnego opracuje szczegółowe warunki zamówienia. Również dla aparatury nietypowej powinno obowiązywać zamawianie bezpośrednio w zakładzie, a nie przez biura zbytu.

Na podstawie zamówień opracowuje się lub przystosowuje dokumentację techniczną, zaopatrzenie materiałowe, współpracę wewnątrz- i zewnątrzzakładową oraz wydaje zlecenia wykonawcze.

b) Zasadnicze znaczenie dla sprawności wydziału produkcji nietypowej ma zaopatrzenie materiałowe i w sposób praca. Dla produkcji jednostkowej, planowanej w asortymencie, można ustalić realne roczne zapotrzebowanie materiałowe. Dla produkcji nietypowej zapotrzebowanie materiałowe musi być ustalone globalnie w poszczególnych gałęziach i grupach. Natomiast w obu przypadkach muszą istnieć w ramach planowanych kwartałnie przydziały możliwości przerzutów materiałowych w poszczególnych grupach, specjalnie w materiałach kolorowych.

Normy materiałowe w magazynie zakładu powinny być podwyższone do pełnego półrocznego zapotrzebowania materiałowego wydziału. Ponadto wydział produkcji nietypowej musi mieć możliwości korzystania z rezerw CZPME w ilościach do 300 kg materiałów żelaznych i do 100 kg materiałów kolorowych w tych przypadkach, gdzie wymaga tego ważność zadania a termin wykonania zamówienia musi być dotrzymany. Pożądane również będzie uprzywilejowanie zakładu w korzystaniu z przerzutów i upłynięcia w szczególności na materiały nawojowe, izolacyjne, łożyska toczne itp., a także uprzywilejowanie w formie pierwszeństwa w zakresie współpracy z zakładami maszyn i aparatów przy korzystaniu zarówno z gotowych aparatów, jak i z podzespołów i części.

Warunki powyższe powinny być spełnione w fazie rozwoju wydziału. W okresie 1 do 2 lat, gdy przemysł będzie częściowo zaspokojony przez dostawy aparatury nietypowej i gdy zapotrzebowanie tej aparatury będzie wpływać w fazie wykonawstwa projektów, planowanie i zaopatrzenie produkcji przejdzie na tory prawidłowego planowania produkcji i zaopatrzenia.

c) Charakter produkcji, praca na dokumentacji skróconej, wykonywanie podzespołów i części bez onarzędziowania lub z częściowym onarzędziowaniem, wreszcie skrócone plany operacyjne oraz opanowywanie nowych rozwiązań i zagadnień wymaga wyświadczenia innych współczynników wydajności wydziału i wysokich kwalifikacji zawodowych jego pracowników.

Na podstawie analizy wydajności dokonanej w oddziale pierwotnych w oddziale produkcji jednostkowej stosunek wydajności tych oddziałów w porównaniu z produkcją seryjną ma się jak 1:4. Przystosowanie współczynników wydajności zakładu do współczynników wydajności wydziału produkcji nietypowej powinno być dokonane na podstawie stosunku godzin roboczych wydziału do godzin roboczych zakładu, jak również udziału godzin roboczych w produkcji jednostkowej wszystkich produkcyjnych oddziałów pomocniczych.

Organizacyjnie wydział produkcji nietypowej powinien podlegać bezpośrednio zastępcy głównego inżyniera do spraw produkcji nietypowej. Przykładowy schemat organizacyjny takiego wydziału o obsadzie 60 do 80 pracowników produkcyjnych podaje tabl. I.

W pomocniczych oddziałach produkcyjnych powinno się zwiększyć i unowocześnić wyposażenie maszynowe zgodnie ze zmienionymi wskaźnikami i planem produkcyjnym zakładu. Przejście z fazy wydziału produkcji nietypowej do zakładu produkcji nietypowej nie będzie wymagać dalszego znacznego wzrostu liczbowego oddziałów pomocniczych, gdyż zakres zagadnień wzrastać będzie nieznacznie na korzyść małoseryjnego wykonawstwa nietypowych konstrukcji. W przypadkach, gdy poszczególne aparaty znajdują szerszy i trwały zbył, będzie uzupełniona dokumentacja konstrukcyjna i technologiczna tak, aby dany wyrob mógł być przekazany do jednego z zakładów o produkcji seryjnej.

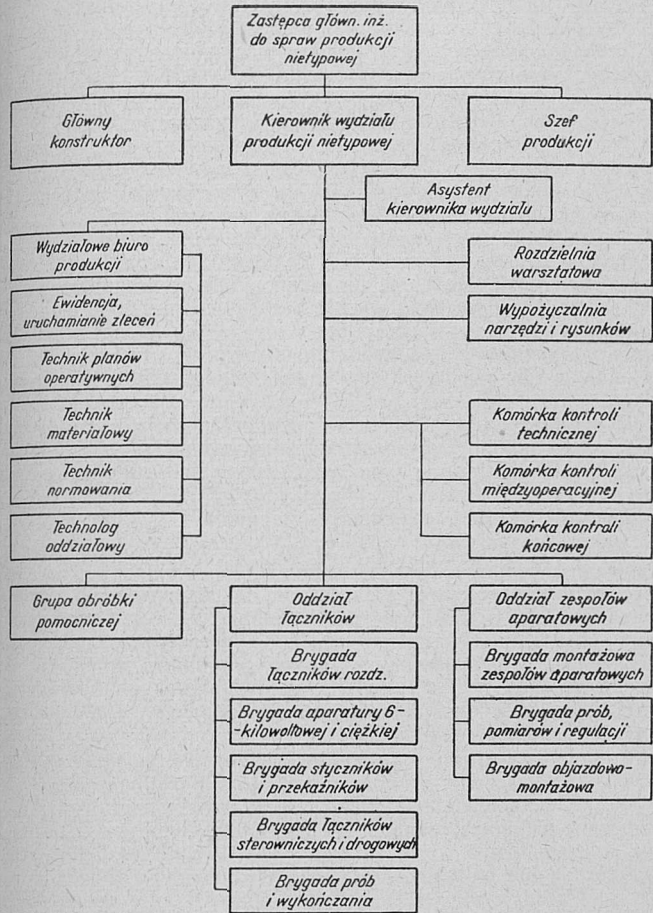
Wydział produkcji nietypowej, a w następnej fazie zakład produkcji nietypowej, jest przedsięwzięciem bardzo celowym. Jego produkcja uzupełni znaczne braki w aparaturze przemysłowej, zaoszczędzi wiele dewiz, przyczyni się do podwyższenia poziomu technicznego produkcji aparatów elektrycznych, umożliwi szybszą realizację projektów i tym samym szybszy rozwój przemysłu.

Twierdzenie to nie jest bezpodstawne.

Oddział pierwotnych przy dziale głównego konstruktora Zakładu A-8 wykonał w trybie produkcji jednostkowej w latach 1952 — 53 przeszło 600 sztuk różnych aparatów i zespołów aparatowych, umożliwiając wielokrotnie szybkie uruchomienie szeregu gospodarczo ważnych obiektów. Nałmieni należy, że zapotrzebowanie aparatury jednostkowej znacznie przekroczyło podane

liczby i wzrasta stale. Przewiduje się, że do zaspokojenia najpilniejszych potrzeb przemysłu w dziedzinie aparatury przemysłowej zajdzie potrzeba zwiększenia wydziału produkcji nietypowej conajmniej do 100 pracowników w 1954 r. i 200 w 1955 r.

TABLICA I. Schemat organizacyjny wydziału produkcji nietypowej



Z góry należy uznać, że wydział produkcji nietypowej, a następnie zakład produkcji nietypowej nie będą produkowały setek ton wartości wielu milionów złotych. Wydajność zakładu w porównaniu z zakładami produkcji seryjnej będzie na pozór mała, natomiast wartość ekonomiczna produkcji i korzyści w gospodarce ogólnonarodowej wyrównają z nawiązką pozorne zmniejszenie wskaźników wydajności i wartości produkcji.

MGR INŻ. JERZY STATKIEWICZ
Centr. Zarz. Przem. Masz. Elektr.

Zagadnienia kontroli technicznej w produkcji łączników wysokiego napięcia

658.5:621.316.5.027.3

Treść. Autor na przykładzie produkcji łączników wysokiego napięcia analizuje czynniki, od których zależy prawidłowa praca kontroli technicznej w zakładzie produkcyjnym i wysuwa wnioski, mające na celu zmniejszenie ilości braków i podniesienie jakości produkcji w zakładach podległych Centralnemu Zarządowi Przemysłu Maszyn Elektrycznych.

Вопросы технического контроля в производстве выключателей высокого напряжения. На примере этого производства автор анализирует факторы, от которых зависит правильная работа технического контроля на заводе и выдвигает предложения, имеющие целью усилить борьбу за уменьшение производственного брака и повышение качества производства в предприятиях, подчиненных центральному управлению электромашиной промышленности.

Problems of technical control in the production of H. T. circuit-breakers. The author reviews, on an example of H. T. circuit-breaker production, the factors on which depends the correct technical control procedure in production enterprises. He advances suggestions intended to intensify the efforts towards curtailing the percentage of defective goods and to raise the quality standard of production in enterprises controlled by the Central Board of the Electric Machinery Industry.

1. Wstęp.

W ciągu 9 lat pracy powojennej nasz przemysł, wytwarzający łączniki prądu zmiennego wysokiego napięcia, ma bardzo poważne osiągnięcia pod względem ilościowego wzrostu produkcji. W pewnym stopniu rozszerzono również asortyment produkowanych wyrobów.

Jednakże przy ilościowym i asortymentowym wzroście produkcji często nie wykazywano dostatecznej troski o odpowiednią jakość wyrobów i dlatego obecnie mamy w tej dziedzinie szereg poważnych zaniedbań. Tymczasem zagadnienie odpowiedzialnej jakości produkcji nabiera specjalnej wagi dziś, w okresie budowy podstaw socjalizmu, kiedy istnieje ścisły związek

5. Współpraca z placówkami naukowymi.

Przy opracowywaniu konstrukcji aparatury specjalnej nietypowej konstruktorzy napotykać stale zagadnienia charakteru naukowego, których zgłębianie z natury rzeczy nie należy do biura konstrukcyjnego, związanego bezpośrednio z produkcją. Zagadnienia te powinny być w jeszcze szerszym zakresie niż dotychczas rozwiązywane przez pracowników naukowych Instytutu Elektrotechniki. W tym celu dla ścisłej łączności pożądane jest utworzenie przy zakładzie, mającym wydział produkcji nietypowej, przyfabrycznej komórki IEIu o kierunku elektrotechniki przemysłowej. Pewne zagadnienia będą mogły być również przekazywane do rozwiązania wyższym uczelniom technicznym.

6. Współpraca z Centralnym zarządem zbytu elektrotechnicznego.

Biura zbytu, które pracują dobrze w zakresie zbytu wyrobów katalogowych i produkowanych seryjnie, nie orientują się w możliwościach produkcji aparatury jednostkowej i specjalnej. Zagadnienia aparatury jednostkowej i specjalnej rozwiązują one po linii najmniejszego oporu, kierując większość zamówień na drogę importu. Zbędny import można by uniknąć przez ścisłą współpracę Centralnego zarządu zbytu z sekcją informacji technicznej zakładu. Z drugiej strony zakład skorzystałby niewątpliwie z zapoznania się z aparatami i materiałami informacyjnymi uzyskiwanymi przez Centralny zarząd zbytu z importu.

Wiąże się z tym również zagadnienie udostępnienia konstruktorom zagranicznych materiałów katalogowych i ofertowych oraz ich bezpośredniego zetknięcia się z postępowaniem zagranicznym w dziedzinie aparatury przez regularne wyjazdy na targi, wystawy i praktyki zagraniczne.

7. Wnioski.

- 1) Utworzenie wydziału produkcji nietypowej jest z punktu widzenia gospodarki narodowej nieodzowne.
- 2) Wydział produkcji nietypowej powinien opierać się na podanych wyżej wytycznych organizacyjnych.
- 3) Podstawą właściwej pracy wydziału produkcji nietypowej jest silne biuro konstrukcyjne.
- 4) Po okresie organizacji i rozruchu wydział produkcji nietypowej powinien przekształcić się na zakład produkcji nietypowej.
- 5) Wydział (zakład) powinien utrzymywać ścisłą współpracę z Instytutem Elektrotechniki.
- 6) Wydział powinien nawiązać ścisłą współpracę z Centralnym zarządem zbytu elektrotechnicznego.
- 7) Powinien być zapewniony dopływ nowych kadr do wydziału (zakładu).

Należy uznać zasadę: każdy łącznik przemysłowy, każdy zespół aparatowy może i powinien być wykonywany w kraju.

LITERATURA

Soskin L. M. Planowanie optynowo proizводства (Maszgis, 1949).

całych układów energetycznych i w rezultacie pozbawić dopływu energii większe obszary kraju.

Najogólniej rzecz biorąc wyrób złej jakości to konieczność zużycia dodatkowych godzin pracy i dodatkowych surowców na wytworzenie zastępczych aparatów i urządzeń, na zbędne naprawy, montaż, na likwidowanie skutków zaburzeń w pracy ild. A przecież te dodatkowe godziny robocze i surowce mogłyby być zużyte na wytworzenie innych potrzebnych nam wyrobów. Jasne więc jest, że każdy wyrób złej lub niedostatecznej jakości godzi w nasz rozwój przemysłowy i społeczny, zagadnienie więc brakoróbstwa ma wybitny charakter polityczny.

Walka o jakość produkcji toczy się na szeregu odcinków od otrzymywania surowca wymaganej jakości przez cały proces technologiczny, sumienne wykonywanie każdej operacji, stałe doskonalenie przebiegów produkcyjnych, polepszanie konstrukcji, próby i doświadczanie laboratoryjne, badanie zachowania się wyrobów w eksploatacji i wyciąganie z nich wniosków, zmierzających do poprawienia konstrukcji i wykonania.

Widać z tego, jak szeroki zakres zagadnień obejmuje zadanie wyprodukowania wyrobu właściwej jakości, jak wiąże się ono z działalnością każdego pracownika zakładu produkcyjnego. Wynika stąd, że zwyczajowo w walce o jakość jest nieosiągalne przy pomocy samych tylko środków administracyjnych i technicznych bez jednoczesnej szeroko prowadzonej akcji uświadamiającej. Do przodujących metod pracy, opierających się przede wszystkim na uświadomieniu pracownika, należy samokontrola robotnika, który w czasie wykonywania swoich czynności sprawdza jednocześnie przedmiot dla stwierdzenia zgodności wykonania z obowiązującą dokumentacją i w wyniku pozytywnym cechuje go swoim znakiem. Zespołową znowu formą pracy w walce o jakość są brygady najwyższej jakości.

Tymczasem na tym tak ważnym dla podniesienia jakości odcinku pracy polityczno-wychowawczej zrobiono dotychczas niewiele w zakładach produkujących łączniki wysokiego napięcia, np. w Zakładzie A-10 jest zaledwie 8 brygad najwyższej jakości, obejmujących niespełna 6% pracowników bezpośrednio produkcyjnych.

2. Dokumentacja techniczna.

Rozwój współzawodnictwa w zakresie jakości produkcji i nowych form pracy, jak samokontrola robotnika, brygady najwyższej jakości itp., jest ściśle uzależniony od dostarczenia przez pion techniczny zakładu pełnej sumiennie opracowanej dokumentacji konstrukcyjnej, technologicznej i kontrolnej, od ścisłego sformułowania wymagań, którym ma odpowiadać dana część i cały wyrób, oraz od zaopatrzenia stanowisk roboczych i kontrolnych w narzędzia i urządzenia miernicze.

Nie może być mowy o samokontroli robotnika, jeżeli rysunek jest niedokładny i brak narzędzia mierniczego, sprawdzianu czy wzorca. Trudno organizować brygady najwyższej jakości i współzawodnictwa między nimi, jeżeli proces technologiczny jest nieustalony, brak warunków technicznych, a w stacji probierczej nie można zbadać zgodności wyrobu ze stawianymi mu wymaganiami.

Przykładem właściwego postawienia sprawy może być dokumentacja radziecka, otrzymana w związku z podjęciem produkcji niektórych typów łączników dotychczas w kraju nie wytwarzanych. W dokumentacji tej uderza m. inn. bardzo szczegółowe opracowanie czynności kontroli technicznej, podających co, w jaki sposób, w jakim procencie i po jakiej operacji powinno być sprawdzane.

Przemysł nasz ma już bardzo poważne osiągnięcia w uporządkowaniu dokumentacji technicznej, niemniej jednak są jeszcze znaczne luki, zwłaszcza w dokumentacji technologicznej i kontroli, które należy jak najprędzej wypełnić.

Szczególnie pilnym zadaniem jest zrewidowanie dotychczasowej i opracowanie szczegółowej nowej dokumentacji ze specjalnym zwróceniem uwagi na wniesienie do kart technologicznych operacji kontroli technicznej dla wyrobów, których produkcję przeniesiono do zakładów jeszcze z nią nieobeznanych. Jest to zrozumiałe, gdyż z jednej strony pracownicy i personel nadzoru nie mają doświadczenia, z drugiej zaś strony dlatego, że wyroby produkowane w różnych zakładach muszą mieć jednakową jakość. Dotyczy to przede wszystkim odłączników.

Nie ulega wątpliwości, że uporządkowanie dokumentacji i sprecyzowanie wymagań ożywi walkę o zmniejszenie braków.

3. Jakość i brak.

Pojęcia „jakości” i „braku” są często niewłaściwie interpretowane i przeciwstawiane sobie, aczkolwiek nie jest to słuszne.

Zdarza się np., że jakość wyrobów ocenia się na podstawie ilości braków, ujawnianych w toku procesu produkcyjnego, bez uwzględnienia wad stwierdzonych przez użytkowników. Jest to

niewłaściwe. Fakt, że zakład produkcyjny ma małą ilość braków, nie oznacza, że jakość jego wyrobów jest rzeczywiście dobra, gdyż wyroby mogą mieć wiele istotnych defektów nie zauważonych w zakładzie produkującym je, lecz występujących dopiero w pracy u użytkownika. Niewłaściwe interpretowanie istoty tych zagadnień prowadzi do błędnego pojmowania zadań w zakresie zwalczania brakoróbstwa w przemyśle.

Przez jakość rozumiemy stopień przystosowania wyrobów do uzasadnionych wymagań użytkownika, które są zwykle wyrażane bądź w normach państwowych — PN, GOST, DIN itp., bądź w normach resortowych, branżowych, zakładowych czy wreszcie w ustalonych dwustronnie warunkach technicznych (WT).

Normy i warunki techniczne w gospodarce socjalistycznej powinny uwzględniać nie tyle interesy użytkowników i możliwości produkcyjne zakładów, jak to było dawniej, lecz przede wszystkim techniczną i ekonomiczną celowość realizacji określonego wyrobu czy urządzenia z jednoczesnym uwzględnieniem wymogów ochrony zdrowia i życia ludzi; zarówno wytwarzających, jak i użytkujących te urządzenia. Dla społeczeństwa ważne jest żeby wytwarzano wyroby, pracujące możliwie długo bez straty swych właściwości początkowych i przy ich najniższej cenie, żeby wyroby były wydajne, ekonomiczne w użyciu, żeby doglądanie ich, obsługa i użytkowanie były najprostsze i bezpieczne.

Z powyższego wynika, że w gospodarce socjalistycznej każdy produkt winien być rozsądnym kompromisem między żądanymi właściwościami a jego pracochłonnością najszerszej pojętej.

4. Normy i warunki techniczne.

Jak już zaznaczono, miernikiem jakości wyrobów przemysłowych są normy i warunki techniczne, a więc zagadnienie jakości należy rozpatrywać z dwu stron: 1) pod względem zgodności wyrobu — z obowiązującymi warunkami technicznymi i z normami oraz 2) pod względem zgodności norm i warunków technicznych — z aktualnymi potrzebami gospodarki narodowej rozumianymi jak najszerszej. Dla oceny jakości produkowanych obecnie w kraju łączników wysokiego napięcia należy kolejno omówić te dwa punkty.

Zagadnienie drugie — zgodności norm i warunków technicznych z aktualnymi potrzebami gospodarki narodowej — wykracza w zasadzie poza ramy niniejszego referatu, gdyż jest poruszane w innych pracach. Niemniej jednak należy je tu omówić pokrótce, gdyż wprowadzenie w r. 1951 normy PN/E-05001 na koordynację izolacji — precyzując wymagania stawiane dotychczas produkowanym łącznikom — praktycznie podniosło je, a jednocześnie nie powzięto decyzji co do losów produkcji w dotychczasowym wykonaniu. W rezultacie w świetle tych norm np. wyłączniki olejowe R30 i R20, których tysiące znajduje się w eksploatacji, rągle stały się niedostatecznej jakości pod względem poziomu udarowego izolacji, a jednocześnie wyłączniki te produkuję się nadal w dotychczasowym wykonaniu.

Ten stan rzeczy powinien jak najszybciej ulec uporządkowaniu, gdyż dalsze utrzymywanie niewyjaśnionej sytuacji wpływa demobilizująco na personel kontroli i podrywa zaufanie do wprowadzanych norm i warunków technicznych, a poza tym powoduje nieporozumienia i zbędną korespondencję między wytwórcą i użytkownikiem.

Przyspieszenie prac normalizacyjnych jest tym bardziej konieczne, że dekretem z dnia 4.3.1953 r. (Dz. Ustaw, nr 15 z dn. 10.3.1953 r.) wszystkie dawniej wydane normy — za wyjątkiem niewielu zatwierdzonych przez przewodniczącego PKPG do ogólnego stosowania — straciły moc obowiązującą i — póki nie

Tablica I

Wyrób	Norma
Wyłączniki	PN/E — 06100
Ołączniki	„
Ołączniki mocy	„
Bezpieczniki	„
Przekładniki	PN/E — 06500 (projekt)
Ogromiki	PN/E — 06101
Wyłączniki szybkie WAB	GOST 2585 — 44

będą znolizowane i ponownie zatwierdzone — nie mają żadnej mocy prawnej. Nie trzeba udowadniać, że tolerowanie takiego stanu rzeczy przez czas dłuższy jest bardzo szkodliwe.

Przechodząc z kolei do zagadnienia oceny jakości łączników produkowanych przez nasz przemysł należy przede wszystkim ustalić jakim normom czy warunkom technicznym mają one odpowiadać. Weźmy dla przykładu najważniejsze asortymenty podane w tabl. I. Widać z niej, że w zasadzie dla wszyst-

kich głównych asortymentów aparatury rozdzielczo-łączyłowej i zabezpieczającej wysokiego napięcia istnieją normy z wyjątkiem przekładników. Jednak i dla przekładników jest już opracowany odpowiedni projekt.

Jeżeli natomiast sięgniemy głębiej, poza normy podstawowe, to przekonamy się, że oprócz PN/E-05001 na koordynację izolacji brak jest szeregu norm związanych, ważnych dla oceny jakości wyrobów, jak np.:

PN/E-04200. Próby zwarciove,

„ -06302. Izolatory elektroenergetyczne wysokiego napięcia Przepisy ogólne.

„ -04060. Próby wytrzymałości elektrycznej napięciem o częstotliwości nie przekraczającej 60 okr./sek.

„ -04061. Próby napięciem udarowym.

Istnieją wprawdzie wewnętrzne instrukcje Instytutu Elektrotechniki, obejmujące np. zasady wykonywania prób wytrzymałości elektrycznej lub prób udarowych; istnieje również szereg norm, warunków technicznych oraz instrukcji zakładowych, precyzujących poszczególne zagadnienia. Jednakże brak oficjalnych norm, a w szczególności zatwierdzenia ich jako ogólnie obowiązujących, dezorganizuje i utrudnia walkę o osiągnięcie wymaganej jakości wyrobów. Dlatego też należy wzmoć pracę normalizacyjną, gdyż dotychczasowe tempo jej jest bardzo nie zadowalające, o czym może świadczyć chociażby to, że norma na tak ważny artykuł, jak przekładniki, znajduje się już blisko 2 lata w opracowaniu i wciąż nie może się ukazać w formie normy zatwierdzonej przez PKN.

Niewątpliwie Uchwała Prezydium Rządu nr 398 z dnia 30.5.1953 r., nakładająca na przemysł obowiązek opracowania warunków technicznych dla każdego ważnego gospodarczo wyrobu, przyczyni się do uporządkowania omawianego zagadnienia.

Konieczność przyspieszenia prac normalizacyjnych ma głębokie uzasadnienie, nie ulega bowiem wątpliwości, że ścisłe sformułowanie pewnych zagadnień jest szczeblem do dalszego postępu, gdyż daje impuls do dalszych badań, co w konsekwencji prowadzi do rozwoju danej gałęzi techniki; jednocześnie jest podstawą do rozbudowy urządzeń i metod badawczych, które ze swej strony ułatwiają rozwój myśli twórczej.

Intensyfikując prace normalizacyjne, należy równocześnie położyć nacisk na zagadnienie okresowych prób kontrolnych i ująć je w sposób bardziej ścisły, niż to uczyniono np. w normach PN/E-06100 i PN/E-06101.

Prawidłowe, zdaniem autora, sformułowanie jest projektowane przy obecnie przededagowywanej normie PN/E-23 dla maszyn elektrycznych. Nałożenie obowiązku okresowego wykonywania prób typu dla kontroli jakości produkcji — przy równoczesnym określeniu terminów tej kontroli — przyczyni się niewątpliwie do podniesienia jakości wyrobów, gdyż będzie bodźcem do podniesienia dyscypliny technologicznej w zakładach produkcyjnych.

5. Próby typu.

Wykonanie próby typu dla każdego nowego opracowania konstrukcyjnego, jak również sprawdzenie w nich proponowanych zmian — konstrukcyjnych i materiałowych — w wyrobach już produkowanych oraz systematyczne wykonywanie okresowych prób kontrolnych, będących próbami typu dla wyrobów znajdujących się w produkcji, jest podstawowym warunkiem utrzymania jakości ustalonej obowiązującymi normami i warunkami technicznymi.

W tabl. II jest podany obecny stan w omawianej sprawie. Jak widać z niej, produkowane obecnie łączniki — poza nielicznymi wyjątkami — praktycznie nie przeszły prób typu, gdyż — jeżeli próby nawet były wykonywane — było to przeważnie przed wielu laty.

Poza tym w wyniku prób należało niekiedy dokonać zmian konstrukcyjnych, po których przyrządy nie były ponownie wyprobowane. Również zmiany wprowadzane w międzyczasie z innych względów (np. oszczędnościowych) w poszczególnych przypadkach mogły spowodować pogorszenie jakości, jak to np. stwierdzono w ostatnio badanym wyłączniku pełnoolejowym na 10 kV, gdzie stwierdzono konieczność przywrócenia dwu prowadnic (do ogólnej liczby czterech), których wykonanie zarzucono w r. 1952.

Z powyższego należy wyciągnąć wniosek, że niedopuszczalne jest wprowadzanie do produkcji zmian konstrukcyjnych czy materiałowych bez uprzedniego sprawdzenia skutków tego drogi wykonania prób typu. Nie oznacza to, oczywiście, zalecenia zaniechania poszukiwań nowych — lepszych czy oszczędniejszych — rozwiązań, należy tylko skutki każdej zasadniczej dla aparatu zmiany dokładnie zbadać przed wprowadzeniem do produkcji.

Tablica II

Wyrób	Data ostatniej próby typu	Wynik	Uwagi
Wyłączniki olejowe:			
a) typ W141 — R10	1) 1938 r.	+	Wymagały pewnych zmian konstrukcyjnych
b) „ W242 — R20	2) 1953 r.	+	Jest świadectwo
c) „ W362 — R30	—	+	Powtórna próba planowana w listopadzie 1953 r. Próba planowana w 1954 r.
Wyłącznik małoolejowy, 30 kV, typ 695	1938 r.	+	Po przekonstruowaniu nie był sprawdzany; przewidziano zaniechanie produkcji w 1954 r.
Wyłącznik powietrzny, 10 kV, typ 1075	1952 r.	+	Jest świadectwo. Moc wyłączalna 250 MVA; powtórne próby rozpoczęto obecnie.
Odlączniki mocy, 10 kV, typ OM 12			Próby planowane na listopad 1953 r.
Odlączniki			Wykonano jedynie niepełne próby typu (bez prób zwarciowych)
Bezpieczniki wys. nap. na 6 kV	1) 1938 r. 2) 1953 r.		Próby w toku

Obecnie najpilniejszym zadaniem jest szytkie dokonanie prób typu dla wszystkich odmian produkowanych łączników, oraz rozpoczęcie systematycznego wykonywania okresowych prób kontrolnych. Plan prób typu jest ułożony i stopniowo wykonywany. Należy jednak przyspieszyć jego realizację, gdyż, jak wykazały ostatnie badania, niektóre fragmenty konstrukcyjne wymagają poprawy.

6. Próby wyrobu.

Do bieżącej kontroli jakości każdego wyprodukowanego wyrobu służą tzw. próby wyrobu. Zakres ich jest zwykle określany w normach lub dwustronnych warunkach technicznych, a w braku ich — w instrukcjach wewnętrznych zakładu produkcyjnego. Ścisłe wyznaczenie zakresu prób pozwala w powiązaniu z planem produkcyjnym ustalić niezbędne wyposażenie stacji probierczej.

Obecnie niemal dla wszystkich aparatów wysokiego napięcia są ustalone próby wyrobu, wobec czego kolejnym zagadnieniem jest sprawa ich wykonywania.

Dla łączników wysokiego napięcia obecnie istnieją w Zakładzie A-10 pełne możliwości wykonywania prób wyrobu produkowanych łączników z wyjątkami próby wytrzymałości elektrycznej dla łączników 60- i 110-kilowoltowych. Naprawa uszkodzonego transformatora probierczego pozwoli w zasadzie wykonywać i tę ostatnią próbę. Pozostanie jedynie do rozwiązania zagadnienie zwiększenia zakresu mocy transformatora probierczego oraz przepustowości stacji probierczej.

Natomiast w zakładach, które ostatnio przejęły produkcję niektórych typów odlączników, brak obecnie odpowiedniego wyposażenia i najpilniejszym zadaniem staje się wybudowanie i uruchomienie stacji probierczych, umożliwiających wykonywanie pełnych prób wyrobu dla wytwarzanego asortymentu. Typowy projekt jest już opracowany, należy tylko dostarczyć wyposażenie i szybko wykonać montaż.

Również niezmiernie pilną sprawą jest zapewnienie możliwości wykonywania pełnych prób wyrobu dla asortymentów łączników, których produkcja będzie podjęta w najbliższym czasie.

7. Jakość materiałów wyjściowych.

Jakość zakupowanych surowców i półfabrykatów decyduje w dużej mierze o jakości wyprodukowanego wyrobu, a tymczasem na tym odcinku walki o jakość nie osiągnięto dotychczas zadowalających rezultatów.

Główne materiały w produkcji łączników to porcelana, odlewy kolorowe, sprężyny, włókniste materiały izolacyjne.

W zakresie porcelany osiągnięto już pewien postęp. Wymiary mieszczą się w granicach tolerancji, wytrzymałość mechaniczna jest na ogół zadowalająca, natomiast obserwuje się zjawisko starzenia się porcelany. Izolatory prawidłowo zachowujące się przy odbiorze wstępnym po wmontowaniu w wyłącznik nagrzewają się nadmiernie wskutek zbyt dużej stratności, co może doprowadzić do przebicia ich. Przyczyną jest prawdopodobnie nieprzestrzeganie dyscypliny technologicznej w procesie wytwarzania izolatorów.

Najwięcej kłopotów przysparzają obecnie odlewy kolorowe z uwagi na wady odlewnicze i nieuszczelnienie oraz sprężyny do napędów, które tracą swoje właściwości.

Również jakość materiałów izolacyjnych często nie odpowiada wymaganiom stawianym tego rodzaju izolacji przez konstruktora łączników wysokiego napięcia (rozwarstwianie się).

Z podanych przykładów wynika, że dostawcy powinni wzmocnić kontrolę procesu produkcyjnego oraz opracować ściślejsze od dotychczasowych warunki techniczne odbioru, jak również należy doprowadzić do obowiązków zaopatrywania wysyłanego towaru przez wytwórców w świadectwa. Niezależnie od tego kontrola techniczna zakładów produkujących łączniki powinna wprowadzić wzgl. zaostriżyć badania sprężyn, materiałów włóknistych itp.

8. Braki w produkcji.

Statystyka straconych kalkulowanych godzin roboczych na braki wykazuje w ciągu ubiegłych 9 miesięcy po pewnym początkowym wzroście stały systematyczny spadek. Świadczy to o pomyślnym rozwoju walki z brakoróbstwem w naszym przemyśle. Niemniej jednak napotykały w dalszym ciągu objawy brakoróbstwa, przybierające niekiedy szczególnie jaskrawą formę, jak to było np. z przekładnikami 110-kilowoltowymi lub z odłącznikami, w których stwierdzono np. brak współosiowości styków ruchomych i nieruchomych, luzy międzystykowe sięgające prawie 1 mm, brak śrub uziomowych, brak ograniczników ruchu przy załączaniu, rdzewienie części żelaznych itp. Podobnych usterek można wymienić o wiele więcej.

Podane przykłady świadczą o niestaranności wykonania prowadzącej do brakoróbstwa. Jest rzeczą oczywistą, że tego rodzaju łącznik nie będzie pracował prawidłowo lub w ogóle zawiedzie w ruchu, jeżeli uprzednio nie podda się go gruntownemu remontowi.

O konieczności uporządkowania dokumentacji technicznej, na której opiera się wytwarzanie i kontrola, oraz znaczeniu tej dokumentacji dla walki z brakoróbstwem była mowa wyżej. Należy jeszcze omówić pokrótce środki techniczne zmierzające do zmniejszenia ilości braków tj. części wykonanych niezgodnie z dokumentacją i warunkami technicznymi.

Oprócz zaostrożenia kontroli, które jest zrozumiałe samo przez się, należy najpierw zwiększyć niedostateczny jeszcze stopień onarzędziowania i oprzyrządowania wykonawstwa detali i montażu zespołów, zespołów i całych wyrobów. Maszynowe wykonywanie części ułatwia zachowanie wymiarów i stawianych wymagań, przyczynia się więc do większej jednolitości produkcji. Przejście na nowe metody wytwarzania, np. na wykonywanie styków fajkowych w wyłącznikach olejowych z proszków metodą prasowania, dалоby jeszcze lepsze rezultaty.

Dalej niezmiernie pilnym zadaniem jest podniesienie jakości obróbki cieplnej oraz jakości powłok ochronnych galwanicznych — są to sprawy wyjątkowo zaniedbane. Obok zakładów, mających dobrze urządzone i wyposażone oddziały galwanizacyjne oraz odpowiednie laboratoria do badania wykonywanych pokryw i kontroli kąpeli, mamy zakłady pracujące metodami chałupniczymi. Do zmiany tego stanu rzeczy potrzeba dopływu wyszkolonych sił technicznych — inżynierów i techników chemików — oraz wyposażenia zakładów w odpowiednie środki techniczne. To samo dotyczy niektórych oddziałów obróbki cieplnej.

Należy jeszcze zwrócić uwagę na jedno zagadnienie, wymagające szybkiego rozwiązania. Jest już dziś niemal dla każdego zrozumiałą konieczność istnienia w zakładzie produkcyjnym izby pomiarów długości i kąta. Natomiast zagadnienie izb pomiarów elektrycznych, których zadaniem byłoby kierowanie gospodarką i nadzór nad elektrycznymi środkami mierniczymi, nie znalazło jeszcze swego rozwiązania.

Jednym z zasadniczych warunków pomyślnego rezultatu walki z brakoróbstwem jest włączenie do niej, w większym niż dotychczas stopniu, niższego nadzoru technicznego, tj. brygadzystów i mistrzów, i uczynienia go odpowiedzialnym za brakoróbstwo podległego personelu.

Zdarzają się mianowicie jeszcze przypadki, w których brygadzysta czy mistrz nie tylko nie zwalcza brakoróbstwa, ale

stara się braki ukrywać i nie współdziała z personelem kontroli technicznej.

Wielu odbiorców nie reklamuje wadliwych wyrobów zaraz po ich otrzymaniu lub kieruje reklamacje wyłącznie do swych ministerstw zamiast bezpośrednio do wytwórców z odpisem do centralnego zarządu, nadzorującego zakład produkcyjny. Zdarza się to m. in. u odbiorców podległych Ministerstwu Energetyki, jak to wykazały ostatnie narady z naszymi odbiorcami. Taki stan rzeczy utrudnia skuteczną ingerencję i przyczynia się do rozkwitu brakoróbstwa tym bardziej, że ministerstwa przetrzymują często reklamacje przez czas dłuższy.

Z drugiej strony kierownicy kontroli technicznej zakładów w wielu przypadkach nie utrzymują dostatecznego kontaktu z odbiorcami i nie kontrolują zachowania się wyrobów w eksploatacji, do czego zobowiązani są instrukcjami.

Ten stan rzeczy musi ulec jak najrychlej poprawie, gdyż tylko szybkie reagowanie na stwierdzone fakty brakoróbstwa, analiza ich, wyciąganie wniosków zmierzających do poprawy jakości, pouczanie bezpośrednich wykonawców i personelu nadzorującego a w przypadkach jaskrawych systematycznego wypuszczania braku karanie i pociąganie do odpowiedzialności, może doprowadzić do zlikwidowania braków w wykorzystaniu.

9. Wyposażenie techniczne.

Dobroć i prawidłowość rozwiązań konstrukcyjnych i technologicznych jest nierozdzielnie związana z możliwością ich sprawdzania na prototypach i egzemplarzach z serii próbnych. To samo dotyczy utrzymania potem jakości produkcji na ustalonym poziomie drogą okresowego kontrolnego sprawdzania egzemplarzy branych z bieżącej produkcji. Wynika stąd konieczność rozporządzania odpowiednimi rozbudowanymi laboratoriami i stacjami probierczymi. Niestety, w tej dziedzinie — mimo opracowania szeregu projektów i nawet rozpoczęcia inwestycji — jesteśmy jeszcze zacofani, gdyż w obecnej chwili nie ma na przykład możliwości wykonania w kraju pełnych prób typu dla wszystkich obecnie produkowanych asortymentów aparatury wysokiego napięcia.

Jeżeli np. dla odgromników i przekładników możliwości takie w zasadzie istnieją, to dla niektórych łączników wysokiego napięcia, jak wyłączniki itp., pełnych prób typu wykonać nie można z braku zwarciowni. Ten brak i niedostateczna rozbudowa laboratoriów uzupełniających są szczególnie dotkliwe, gdyż hamują w dużym stopniu rozwój rodzimych konstrukcji, uniemożliwiają często badanie całych prototypów lub ich części składowych i zespołów.

Korzystamy co prawda ze zwarciowni w krajach zaprzyjaźnionych i uzyskujemy w nich stosunkowo znaczny czas pracy do dyspozycji. Jednakże wyjazdy nie mogą się odbywać dostatecznie często, a poza tym w czasie prób zachodzi niekiedy konieczność wprowadzenia drobnych zmian i poprawek, wymiary niektórych części i powtórnego wykonania prób. Jasne jest, że tego rodzaju operacje, wykonywane z dala od własnych warsztatów, z dala od zespołu projektującego, nawet przy najbardziej życzliwym ustosunkowaniu się gospodarza zwarciowni powodują dodatkowe trudności i prowadzą do przedłużenia prac nad badanymi wyrobami.

W tej sytuacji, do czasu znacznej rozbudowy własnych laboratoriów i stacji zwarciowych, nasuwa się konieczność szerszego niż dotychczas korzystania z możliwości wykonywania prób na sieciach energetycznych.

Do całości wyposażenia technicznego należą również zakładowe stacje probiercze do prób wyrobu i laboratoria badawcze, umożliwiające m. in. kontrolę dostarczanych surowców, oraz laboratoria naszych dostawców.

W obecnym stadium rozwoju naszego przemysłu — przy uwzględnieniu najpełniejszego wyszyskania środków technicznych — zadanie rozbudowy wyposażenia technicznego należy, zdaniem autora, ująć w sposób następujący.

Stacje probiercze i laboratoria badawcze, umożliwiające pełne próby typu dla produkowanych wyrobów, należałoby budować w ramach instytutów naukowo-badawczych, w naszym przypadku w ramach Instytutu Elektrotechniki.

Do czasu wybudowania własnych zwarciowni szerzej wykonywać próby w sieciach energetycznych.

Zakłady produkcyjne wyposażać w stacje do prób wyrobu. Zaopatrzyć je również w niezbędne izby pomiarowe i najpotrzebniejsze laboratoria.

Zakłady, dostarczające podstawowych surowców i materiałów oraz półwyrobów do produkcji, wyposażać w niezbędne minimum urządzeń probierczych, zapewniających możliwość sprawdzenia jakości ich produktów zgodnie z obowiązującymi normami i warunkami technicznymi.

Wprowadzić bezwzględnie zasadę wystawiania przez naszych dostawców świadectw jakości na dostarczane przez nich produkty.

Do zagadnienia zaświadczeń na wytwarzany towar przywiązujemy specjalną wagę z uwagi na szczupłość istniejącego wyposażenia laboratoryjnego oraz niecelowość dublowania operacji kontrolnych. W gospodarce socjalistycznej wszystkie ognia produkujące pracują dla wspólnego celu. Cały przemysł to niejako jeden wielki zakład przemysłowy podzielony na szeregi oddziałów produkcyjnych. W tej sytuacji odbieranie wyrobów raz przez wytwórcę, drugi raz przez odbiorcę prowadzi do trwonienia sił i środków. Aby jednak urzeczywistnić w szczególności odpowiedzialnych wyrobach wypuszczanie przez ognia pośrednie towaru złej jakości, należy — zdaniem autora — oprócz normalnego stemplowania przez oddział kontroli ostatecznej wprowadzić specjalne świadectwa.

Wystawienie świadectwa ze stwierdzeniem zgodności dostawy z warunkami technicznymi i konieczność jego podpisania będzie w obecnym stadium dodatkowym czynnikiem, mobilizującym do wypuszczania na rynek towaru odpowiedniej jakości.

10. Kadry.

Personel kontroli technicznej w całym naszym przemyśle wynosi nieco ponad 7% ogólnej liczby zatrudnionych, natomiast w zakładach produkujących łączniki waha się około 4,5%. Ta niewątpliwie za mała liczba nabiera szczególnego wyrazu, gdy uwzględnimy, że personel inżyniersko-techniczny wśród pracowników kontroli starowci przeciętnie tylko 17%, resztę zaś stanowią brakarze i niewielka ilość personelu administracyjnego. Stan pogarsza jeszcze to, że do personelu inżyniersko-technicznego zaliczani są często — oprócz inżynierów i techników — pracownicy o niepełnych kwalifikacjach, pełniący jednak funkcje techniczne.

Tymczasem zadania, stojące przed kontrolą techniczną, szczególnie w obecnym okresie wzmożonej walki o jakość i wobec poprzednich zaniedbań w tej dziedzinie, są niewspółmierne duże. Nie ulega wątpliwości, że od właściwej pracy kontroli w dużej mierze zależy, czy walka o podniesienie jakości rozwinię się pomyślnie, czy też będzie nadal kulawa. Kontrola techniczna jest tym aparatem, w ręku dyrektora zakładu produkcyjnego, który przy odpowiednich kwalifikacjach i przy odpowiednim wykorzystaniu oraz sprężystym działaniu może zmobilizować do pracy nad usuwaniem braków szerokie rzesze pracowników.

DR INŻ. A. MYŚLICKI
MGR INŻ. R. SKARŻYŃSKI
Instytut Elektrotechniki

Pomoc techniczna krajów zaprzyjaźnionych w zakresie konstrukcji i badań przyrządów rozdzielczych

347.77:62.002.86:621.316.267 (438): (47): (437)

Treść. Zakres pomocy ZSRR w dziedzinie konstrukcji wyłączników oraz współpraca z ZSRR i CSR w dziedzinie badania przyrządów. Pomoc radziecka polega na przekazywaniu dokumentacji produkcyjnej wyłączników wysokiego napięcia, szkoleniu inżynierów i monterów polskich w zakresie produkcji i badania przyrządów rozdzielczych, udostępnieniu zwarciołowi dla prób wyłączników krajowych oraz konsultacje na temat projektowania zwarciołowi. CSR udostępniła Polsce swą zwarciołownię do badania przyrządów rozdzielczych. Dotychczasowy przebieg badań i wnioski oparte na wynikach półrocznej bezpośredniej współpracy.

Техническое содействие дружественных стран в области конструкции и испытания распределительных устройств. Размер помощи СССР по вопросам конструкции выключателей и содействие СССР и ЧССР в области испытания аппаратов. Советская помощь заключается в передаче производственной документации выключателей высокого напряжения, в подготовке polskich инженеров и монтеров по производству и испытанию распределительных аппаратов, в предоставлении станций для испытания выключателей высокого напряжения на короткое замыкание и в консультации по вопросам проектирования такой станции. ЧССР предоставила польской промышленности свою станцию для испытания распределительных аппаратов. Ход испытаний и результаты достигнутые до сего времени.

Technical assistance by friendly countries in switchgear designing and testing. The scope of assistance rendered by the U. S. S. R. in the designing of circuit-breakers. Poland's co-operation with the U. S. S. R. and Czechoslovakia in apparatus testing. Soviet assistance is taking the form of providing production documentation for H. T. circuit-breakers, professional training of Polish engineers and fitters in the production and testing of switchgear, of making available facilities in the U. S. S. R. short-circuit test station for the testing of Polish circuit-breakers, and of lending advice in matters of short-circuit test station design. Czechoslovakia is making available to Poland facilities at her own short-circuit station for the testing of Polish switchgear. Review of research and inferences drawn from it, based on the results of eighteen months of direct co-operation.

1. Wstęp.

Szybki rozwój sieci energetycznych i przemysłu elektrotechnicznego w naszym kraju stawia przed Instytutem Elektrotechniki, przemysłem i energetyką wielkie zadania w dziedzinie projektowania i produkcji wyłączników wysokiego napięcia. Obok zaspokajania potrzeb związanych z rozbudową sieci niezbędna jest wymiana i modernizacja wyłączników olejowych wysokiego napięcia przestarzałej konstrukcji. Praca konstruktorów wyłączników wymaga długotrwałych prób prototypów i modeli w zwarciołowniach. Brak doświadczenia w dziedzinie produkcji wyłączników o najwyższych napięciach i dużych mocach wyłączalnych utrudniał nam zaspokajanie potrzeb energetyki własnymi siłami i skazywał nas na dostawy z zagranicy, ale pomoc ZSRR oraz współpraca z CSR pozwoliły nam tego uniknąć.

Pomoc ZSRR miała cztery zasadnicze formy:

1) udostępnienie nam dokumentacji produkowanych i wypró-

bowanych w eksploatacji wyłączników wysokiego napięcia dla przystosowania ich przez przemysł polski do naszych potrzeb;

2) udostępnienie nam zwarciołowni Wszechzwiązkowego Elektrotechnicznego Instytutu (WEI) do prób zwarciowych modeli prototypów i do sprawdzania gotowej produkcji;

3) porady na temat budowy zwarciołowni w Polsce;

4) szkolenie inżynierów i monterów polskich w WEI oraz w zakładach produkcyjnych dla zapoznania ich z produkcją oraz z metodyką wykonywania prób zwarciowych wyłączników wysokiego napięcia.

2. Wyzyskanie dokumentacji radzieckiej wyłączników wysokiego napięcia przez przemysł krajowy.

W pierwszym etapie rozbudowy polskiej sieci energetycznej za najpilniejszą potrzebę w dziedzinie wyłączników wysokiego napięcia uznano dostateczne wyposażenie sieci w wyłączniki na 110 kV (600 A, 2500 MVA) i wyłączniki małoolejowe na 6 kV

(600 A, 200 MVA); wyłączniki takie dotychczas nie były produkowane w Polsce.

Na podstawie przekazanej nam dokumentacji technicznej powyższych wyłączników polski przemysł elektrotechniczny wykonał model przystosowanego do naszych warunków i potrzeb wyłącznika małoolejowego WMG 133 na 6 kV, 600 A, 200 MVA.

Model ten będzie sprawdzony w roku bieżącym w zwarciowni czechosłowackiej. W roku bieżącym będzie uruchomiona produkcja seryjna tych wyłączników.

Ponadto przemysł przystąpił do wykonania i ukończy w tym roku dwa modele przystosowanego wyłącznika powietrznego WW110 na 110 kV, 600 A, 2500 MVA; będą one sprawdzone w 1954 r. Najważniejsze cha-

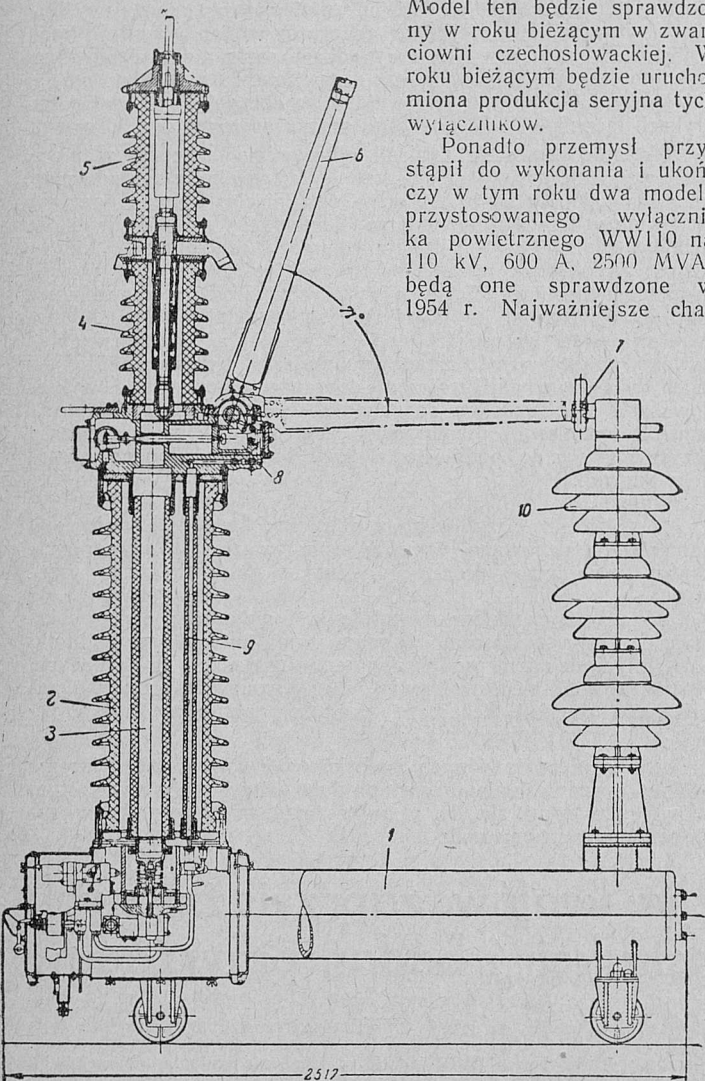
3. Udostępnienie zvarciowni WEI.

WEI posiada zvarciownię z maszyną obrotową o mocy 400 MVA przy 6 kV oraz obwód drgań, służący do wykonywania prób zvarciowych wyłączników do najwyższych napięć o dużych mocach wyłączalnych.

Obwód drgań pracuje w układzie Goriewa (rys. 3). Baterię kondensatorów C łączy się za pomocą wyłącznika pomocniczego WP , przez dławik L na wyłącznik badany WB , który jest w tym momencie zamknięty. W tak utworzonym obwodzie występuje wyladowanie oscylacyjne kondensatora o niewielkim tłumieniu amplitudy prądu. Badany wyłącznik zaczyna działać z niewielkim opóźnieniem w stosunku do zamknięcia wyłącznika pomocniczego i wyłącza przepływający przezeń prąd. Po przerwaniu prądu napięcie na stykach wyłącznika zaczyna szybko wzrastać dążąc do podwójnej wartości napięcia baterii kondensatorów z prędkością znacznie przewyższającą prędkość wzrostu napięcia powrotnego w czynnych układach energetycznych.

Regulacji tej prędkości w żądanych granicach dokonywa się za pomocą włączonej obocześnie pojemności C_0 . Dobierając pojemności C i C_0 , można regulować wielkość wyłączzonego prądu w szerokich granicach oraz zmieniać częstotliwość i amplitudę napięcia powrotnego.

Mimo zrozumiałego obciążenia obu zvarciowni pracami naukowymi i bieżącymi, związanymi z rozbudową radzieckich sie-

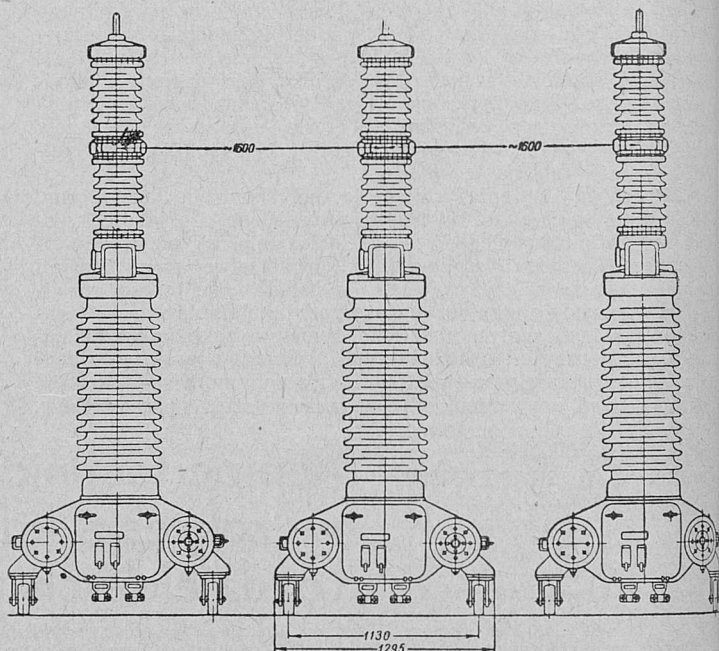


Rys. 1. Wylłącznik powietrzny WW110 na 110 kV, 600 A, 2500 MVA

- | | |
|--|--|
| 1 — zbiornik | 7 — styk nieruchomy odłącznika |
| 2 — izolator wsporczy | 8 — napęd |
| 3 — porcelanowy przewód powietrzny do wyłączania | 9 — porcelanowy przewód powietrzny do załączania |
| 4, 5 — komory gaszące | 10 — kolumna wsporcza |
| 6 — nóż odłącznika | |

akterystyki tego wyłącznika (rys. 1), który jest wynikiem prac WEI, są następujące. Bieguny wyłącznika, z których każdy stanowi osobną całość, są połączone tylko układem sterowniczym. Wyłącznik nadaje się do samoczynnego ponownego załączania zarówno trój- jak i jednobiegunowego. Czas bezprądowy może wynosić 0,2 s lub więcej zależnie od stawianych wymagań. Przy czasie bezprądowym 0,2 s nóż odłącznika pozostaje stale w stanie zamknięcia, nie biorąc udziału w operacji WZ, jeżeli zaś czas bezprądowy wynosi więcej niż 0,8 s, nóż bierze udział w wyłączeniu i ponownym załączeniu. Czas wyłączenia wynosi 0,07 s. Wytrzymałość cieplna dla 1, 5 i 10 s wynosi odpowiednio 29, 20 i 14 kA. Wytrzymałość dynamiczna wynosi 50 kA max. Ciężar wyłącznika 4500 kg.

Wyłącznik WMG-133 (rys. 2) ma moc wyłączalną 200 MVA przy 6 kV. Jego zaletą konstrukcyjną jest to, że przebieg ciśnienia po wyłączeniu prądu zvarciowego jest bardzo krótki i dla tego wyłącznik ten nadaje się do samoczynnego ponownego załączania. Czas wyłączenia 0,1 sek. Wytrzymałość cieplna wynosi dla 1, 5 i 10 s odpowiednio 30, 20 i 14 kA. Wytrzymałość dynamiczna wynosi 52 kA max. Ciężar wyłącznika bez oleju 190 kg, z olejem 200 kg.



Rys. 1a. Instalacja trójfazowa (Głazunow)

ci energetycznych, a szczególnie z budową linii Kujbyszew-Moskwa, udostępniono je polskim konstruktorom.

W latach 1949, 1950 i 1951/52 wykonano próby zvarciowe prototypów wyłączników małoolejowych typów 1072 na 10 kV, 600 A, 200 MVA (znam.) i 1124 na 30 kV, 600 A, 600 MVA oraz wyłącznika powietrznego typu 1075 na 10 kV, 1000 A, 400 MVA (znam.).

W roku 1949 przedstawicielem polskim, kierującym próbami był główny konstruktor zakładu wytwórczego. W roku 1950 był nim konstruktor zakładu wytwórczego, który w tym okresie odbywał praktykę w zakładzie produkującym wyłączniki wysokiego napięcia w Leningradzie. W latach 1951/52 próby wykonywał przedstawiciel Instytutu Elektrotechniki. We wszystkich przypadkach kierownictwo WEI przydzielało do pomocy przedstawicielowi polskiemu wykwalifikowanego monter na cały okres prób. W związku z wynikającymi z przebiegu prób zmianami konstrukcyjnymi kierownictwo WEI udostępniło korzystanie z usług warsztatu mechanicznego Instytutu. Niejednokrotnie również przedstawiciel polski zasięgał porad od specjalistów WEI z dużą korzyścią dla dalszego przebiegu prób.

4. Studia i szkolenie w związku z projektem budowy zvarciowni polskiej.

W roku 1952 dwaj przedstawiciele Instytutu Elektrotechniki udali się do ZSRR dla zapoznania się z tamtejszymi zvarciowniami, jak również z całokształtem zagadnień związanych z projektowaniem i budową zvarciowni. Zwiedzili zarówno zvar-

ciownię WEI, jak i zwarciołnie zakładów produkcyjnych. W specjalnych biurach projektowych zaznajamiali się przez okres miesięczny z projektowaniem zwarciołni, biorąc na miejscu bezpośredni udział w bieżących pracach nad projektami i zdobywając w ten sposób cenne wiadomości dla naszych prac, związanych z budową zwarciołni w Polsce.

Dla szerszego wyszkolenia kadr polskich naukowców, konstruktorów i monterów w dziedzinie projektowania, montażu i poddawania próbom zwarciołwym wyłączników wysokiego napięcia Związek Radziecki umożliwił naszym pracownikom praktyki w zakładach produkcyjnych, zapoznanie się z metodyką prowadzenia prób oraz korzystania z porad specjalistów w WEI.

Praktyki w radzieckich zakładach wytwórczych wyłączników wysokiego napięcia odbyli: w 1949 r. dwaj konstruktorzy, w 1952 r. trzech monterzy, w 1953 r. dwaj inżynierowie i dwaj monterzy. W czasie praktyki nasi specjaliści zapoznali się z konstrukcją, technologią, montażem i produkcją wyłączników wysokiego napięcia.

Przedstawiciele polscy obecni na próbach wyłączników produkcji krajowej w WEI zapoznali się z metodyką wykonywania prób zwarciołwych, a ponadto — korzystając z porad, wyjaśnień

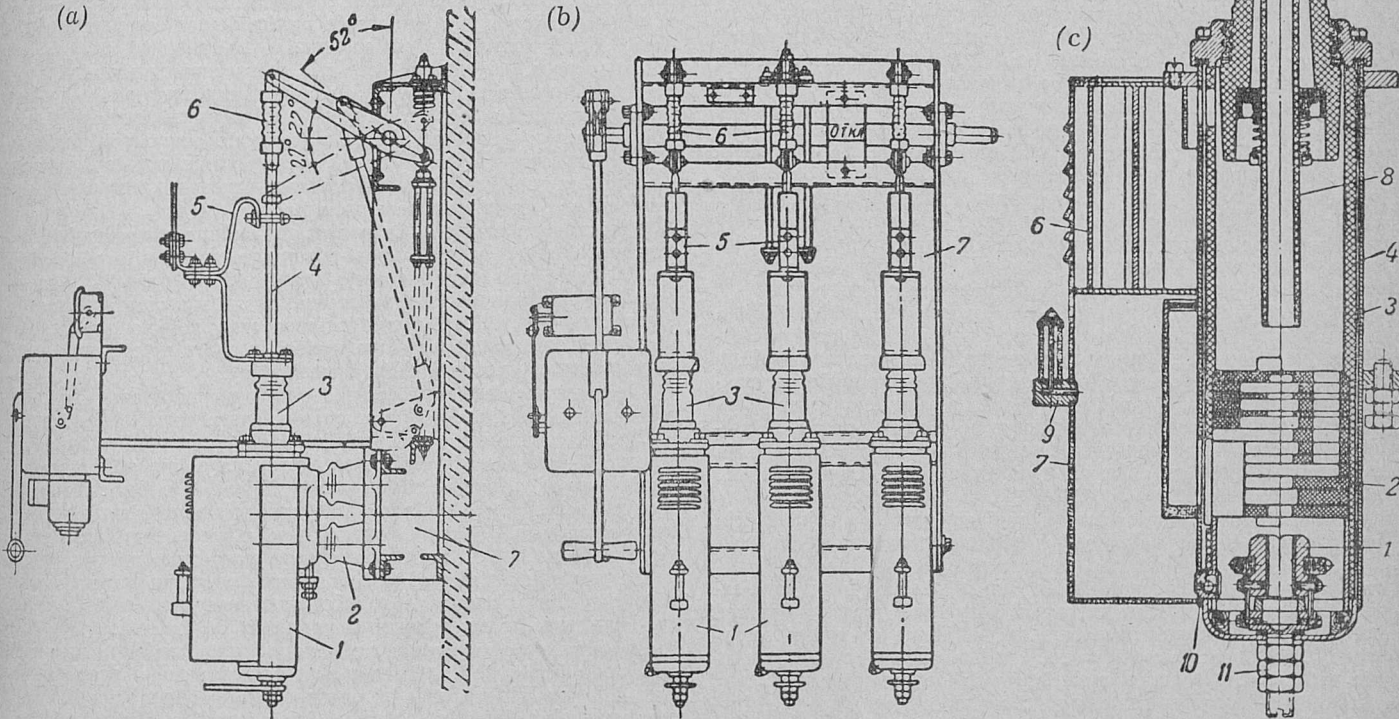
cenne obecnie przy poddawaniu próbom zwarciołwym naszych wyłączników w ČSR.

Inżynierowie i monterzy, którzy przeszli przeszkolenie w radzieckich zakładach produkcyjnych, przystąpili do realizacji zadań w zakresie konstrukcji technologii, onarzędziowania i montażu wyłączników produkowanych i prototypów. Wpłynęło to na znaczne przyspieszenie produkcji wyłączników.

W ten sposób zaspokoimy najbardziej pilne potrzeby energetyki, a także trudności w realizacji naszych potrzeb będą usunięte dzięki współpracy z ČSR.

6. Współpraca z Czechosłowacją.

Już w 1949 roku 5-osobowa delegacja Instytutu Elektrotechniki nawiązała w Pradze Czeskiej współpracę naukowo-techniczną polsko-czechosłowacką.



Rys. 2. Wyłącznik małoolejowy WMG-133 na 6 kV, 600 A, 200 MVA (Głazunow)

Do rys. 2a i 2b: 1 — zbiornik metalowy, 2 — izolatory wsporcze, 3 — izolator przepustowy, 4 — nóż, 5 — łącze elastyczne, 6 — izolator, 7 — rama. Do rys. 2c: 1 — styk nieruchomy, 2 — komora gasząca, 3 — zbiornik, 4 — rura izolacyjna, 5 — izolator przepustowy, 6 — komora do oddzielania oleju, 7 — dodatkowy zbiornik oleju, 8 — przewód, 9 — wskaźnik oleju, 10 — zawór kulowy, 11 — przyłącze, 12 — płaskownik.

i wskazówek specjalistów w WEI — zapoznali się z zasadami projektowania wyłączników wysokiego napięcia.

5. Wyniki pomocy ZSRR.

Pomoc Związku Radzieckiego umożliwiła naszemu przemysłowi:

a) w 1949 roku przystąpienie do produkcji wyłączników powietrznych typu 1075 na 10 kV, 1000 A, 250 MVA na podstawie pozytywnych wyników prób zwarciołwych w WEI;

b) w 1953 roku przystąpienie do produkcji seryjnej przystosowanego wyłącznika małoolejowego typu WMG R6/6/2 (6 kV, 600 A, 200 MVA);

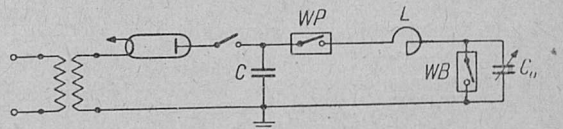
c) w 1954 roku przystąpienie do produkcji seryjnej przystosowanego wyłącznika powietrznego WP 110 na 110 kV, 600 A, 2500 MVA;

d) w roku 1954 przystąpienie do produkcji seryjnej wyłącznika małoolejowego WMT 30/6/6 (30 kV, 600 A, 600 MVA) w wyniku pozytywnych prób zwarciołwych w WEI. Wyłącznik ten będzie budowany w wykonaniu wewnętrznym napowietrznym i ma być pierwowzorem całej rodziny wyłączników.

Wiadomości zdobyte z narad z przedstawicielami Instytutu w sprawie zwarciołni okazały się bardzo pomocne przy opracowaniu założeń do projektu laboratorium niskiego napięcia i będą wyzyskane w okresie budowy laboratorium przez Instytut.

Zapoznanie się z metodyką wykonywania prób zwarciołwych przez przedstawicieli przemysłu i Instytutu okazało się bardzo

ważne w dziedzinie elektroenergetyki. Oba kraje odczuwały potrzebę stworzenia silnej podstawy w postaci dobrze wyposażonych instytutów naukowo-badawczych. Głównymi urządzeniami laboratoryjnymi niezbędnymi do zapewnienia właściwego rozwoju przemysłu elektrotechnicznego i energetyki była zwarciołnia do



Rys. 3. Schemat układu Goriewa

badania przyrządów rozdzielczych oraz analizator prądu zmiennego do badania układów elektroenergetycznych. Ze względu na znaczne koszty inwestycyjne tych urządzeń oraz potrzebę wykształcenia odpowiedniego personelu technicznego do ich obsługi postanowiono, że w pierwszym okresie każdy ze współpracujących krajów wybuduje i uruchomi na użytek obu stron jedno urządzenie: strona czechosłowacka — zwarciołnia, strona polska — analizator prądu zmiennego.

Lata 1949 — 1952 były okresem intensywnej budowy obu podstawowych urządzeń laboratoryjnych, przy czym przedstawiciele obu stron wzajemnie informowali się o postępie prac i oglądali urządzenia w trakcie budowy.

Już w końcu 1952 r. można było uzgodnić terminarz i szczegółowy program badań naszej aparatury produkcji krajowej.

7. Przygotowanie do prób zwarciovych.

Pierwszy etap prób został wyznaczony na okres od maja do października 1953 roku. W okresie tym miała być zbadana aparatura wysokonapięciowa, obejmująca wyłączniki olejowe typu W141 i W242, wyłącznik powietrzny WP 1075, wyłączniki olejowe z komorami gaszącymi, wyłączniki olejowe z napędem dostosowanym do samoczynnego ponownego załączania, wyłącznik małomolejowy typu 1124, odłącznik mocy typu 1031-10 kV, bezpieczniki wysokiego napięcia wielkiej mocy wyłączalnej typu 1015 (WDM), przekładniki prądowe typów JT i MO, oraz aparatura niskonapięciowa: wyłączniki przemysłowe typów APU, ATK i WSS, bezpieczniki wielkiej mocy oraz wyłączniki szybko-działające prądu stałego typu WAB.

Wykonywanie prób zwarciovych w zwiarciozni czechosłowackiej powierzono Instytutowi Elektrotechniki przy współudziale przedstawicieli Centralnego Zarządu Przemysłu Maszyn Elektrycznych, zainteresowanych zakładów produkcyjnych oraz przedstawicieli Ministerstwa Energetyki.

Według ustalonego podziału prac Instytut Elektrotechniki po uzgodnieniu typów przyrządów, zakwalifikowanych do badań w pierwszym etapie, opracował szczegółową instrukcję badań, obejmującą badania w zakresie prób typów przyrządów oraz pewne rozszerzone badania o charakterze prób konstruktorskich, a opartą dla aparatury wysokiego napięcia na wymaganiach normy PN/E-6100, dla aparatury zaś niskiego napięcia na instrukcji, opracowanej przez Instytut Elektrotechniki w 1952 roku, uzupełnionej i zatwierdzonej na kolegium konstruktorów CZPME. Zakłady produkcyjne były obowiązane dostarczać przyrządy w uzgodnionej liczbie wraz z wyposażeniem pomocniczym (konstrukcje mocujące i wsporcze, urządzenia do sterowania i napędu zdalnego) oraz kompletną dokumentacją produkcyjną.

Przed wysłaniem przyrządów do zwiarciozni Instytut Elektrotechniki wykonał na nich bezpośrednio w zakładach wszystkie przewidziane dla danego typu próby odbiorcze, z wyjątkiem zwarciovych, a więc sprawdzenie zgodności wykonania przyrządu z dokumentacją, sprawdzenie jakości wykonania przez oględziny, próby wytrzymałości elektrycznej izolacji, próby działania napędów i urządzeń sygnalizacyjnych i sterujących, badania nagrzewania prądem znamionowym oraz próbę odporności na zużycie mechaniczne.

Oprócz prób zwarciovych w ramach prób typu instrukcja przewidywała szereg dodatkowych badań o charakterze konstruktorskim. Miały one na celu dostarczenie konstruktorom przyrządów rozdzielniczych materiałów, umożliwiających dalszy rozwój konstrukcji, ustalenie celowości przyjętych rozwiązań przez porównanie z innymi rozwiązaniami, ustalenie celowości stosowania niektórych projektów racjonalizatorskich oraz stworzenie wytycznych do zmian materiałowych i technologicznych.

Zgodnie z programem ekipy pracowników Instytutu Elektrotechniki dokonali odbioru przeznaczonych do wysyłki przyrządów w Zakładach A10, A1, A11, A8 oraz w Zakładach produkcji części zapasowych energetyki.

Poddanie przyrządów przed wysyłką próbom było bardzo słuszne, gdyż pozwoliło na wykrycie szeregu niezgodności między wykonaniem i dokumentacją, która częściowo nie była zaktualizowana, oraz wielu wad jakościowych, które mogły stworzyć poważne trudności przy badaniach w zwiarciozni. W wyniku prac odbiorczych dokumentację produkcyjną doprowadzono do stanu aktualnego, a w przyrządach wprowadzono pewne zmiany i poprawki.

8. Próby w zwiarciozni czechosłowackiej.

Do prób zwarciovych w zwiarciozni czechosłowackiej wydelegowano 16-osobową ekipę z przedstawicieli Instytutu Elektrotechniki (6), CZPME (2), Min. Energetyki (1), Zakładu A8 (3), Zakładu A10 (3) i Zakładu A11 (1). Tak liczny skład delegacji był podyktowany z jednej strony koniecznością wysłania przedstawicieli wszystkich zainteresowanych zakładów i instytucji oraz potrzebą wymiany personelu ze względu na długi okres trwania prób. Rozwiązanie takie okazało się bardzo słuszne, gdyż w czasie badań aparatury w zwiarciozni zawsze byli obecni konstruktorzy oraz monterzy, znający doskonale badany przyrząd.

Harmonogram wyjazdu członków ekipy oraz pracy w zwiarciozni sporządzono w taki sposób, że liczba osób biorących jednocześnie bezpośredni udział w próbach nie przekraczała 6, doświadczenie bowiem w badaniach zwarciovych wskazuje, że grupa 5-6-osobowa zapewnia największą sprawność pracy i najlepsze wyzyskanie czasu pracy zwiarciozni. Doświadczenie wykazało, że do sprawnego dokonania wyładunku i montażu przyrządów do prób, przygotowywania przyrządów do badań oraz

wymian części zapasowych niezbędna jest stała obecność na terenie zwiarciozni dwu wykwalifikowanych monterów, znających konstrukcję badanych przyrządów.

9. Organizacja prac zwarciovych.

Kierownictwo pracami sprawował przedstawiciel Instytutu Elektrotechniki, do którego należało opracowanie sprawozdań i atestów. Zadania kierownika były następujące: a) ustalanie w porozumieniu ze stroną czechosłowacką terminów dokonywania prób; b) kierowanie badaniami poszczególnych przyrządów na podstawie instrukcji, zatwierdzonej przez CZPME, c) wprowadzanie w przypadku potrzeby zmian w metodyce badań; d) opieka nad sprawozdawczością z badań; e) ustalanie składu osobowego grup roboczych przy poszczególnych próbach (grupa robocza, przebywająca na terenie zwiarciozni nie może liczyć ponad 6 osób; f) przewodniczenie na naradach grup roboczych, poświęconych omawianiu wyników badań oraz ustalaniu wniosków co do dalszych badań; g) ustalanie kolejności przygotowania do prób przyrządów przez grupę nie biorącą udziału w próbach.

Do zadań pozostałych członków ekipy należały: a) przygotowanie przyrządów do prób (montaż, sprawdzanie działania mechanizmów, napełnianie olejem, ustawianie przyrządów na stanowisku probierczym i połączenie z obwodem głównym, z obwodami sterowniczymi i pomiarowymi); b) obsługa przyrządów podczas prób (wymiana części, czyszczenie, uzupełnianie); c) przygotowanie przyrządów do powrotnego transportu do kraju; d) sprawozdawczość z prób; e) analiza wyników badań podczas narad grup roboczych; f) wysuwanie propozycji dodatkowych badań konstruktorskich; g) sporządzanie notatek, szkiców i zdjęć przyrządów; h) współpraca z pracownikami czechosłowackimi przy ustalaniu schematu itp.

Jako zasadę przyjęto, że przyrządy badane powinny być obsługiwane przez personel odpowiedniego zakładu produkcyjnego. W razie potrzeby pozostała część ekipy udzielała pomocy. Personel czechosłowacki przekazywał w sposób ciągły klisze fotograficzne wszystkich oscylogramów oraz zdjęcia przyrządów i ich części, wszystkie zaś inne materiały charakteru opisowego były zbierane przez członków naszej ekipy.

Opracowywanie sprawozdań i opinii na podstawie wykonanych badań należało do pracowników Instytutu Elektrotechniki.

Zgodnie z umową okres prób polskich nie powinien być przekraczać 2—3 dni w tygodniu ze względu na niemożność zahamowania innych pilnych badań w zwiarciozni. Nie ograniczało to naszych prac, gdyż pomiędzy kolejnymi próbami należało przeanalizować wyniki badań, przygotować nowe egzemplarze przyrządów do prób, a w razie potrzeby wprowadzać zmiany.

Ze względu na niemożność uzyskania potrzebnej mocy w godzinach dziennych wypadało wykonywać próby przeważnie w nocy. Plan prac w zwiarciozni uzgadniano co tydzień.

W trakcie wykonywania prób napotymano niejedną trudność z powodu braku doświadczenia eksploatacyjnego w pracy zwiarciozni. Wypadało np. ustalać oporność indukcyjną obwodu zwiarcioznego, gdyż dotychczas jeszcze nie wszystkie kombinacje połączeń elementów dławików były sprawdzone doświadczalnie; układ sterowania elektronowego (impulsator) nie był przystosowany do prób wyłączników w cyklu i wymagał prowizorycznego dołączenia układów przekazywnych i stycznikowych; wiele układów zastosowano dla naszych potrzeb dopiero po raz pierwszy. Ale wszystkie trudności były usuwane wspólnym wysiłkiem przy pomocy personelu czeskiego, obsługującego zwiarciozni. Wspólnie omawiano braki poszczególnych prób oraz sposoby zaradzenia im, wspólnie zastanawiano się nad metodą wykonywania badań. Wzajemne rozumienie trudności, przyjazne i koleżeńskie stosunki, wspólny zakres zainteresowań i wspólna praca założyły pomiędzy załogą czeską i polską fundament dalszej dobrej współpracy.

W ciągu kilkumiesięcznej pracy naszej ekipy w zwiarciozni czechosłowackiej wykonano próby typu oraz próby o charakterze konstruktorskim wszystkich przyrządów, przewidzianych w planie prac*).

10. Zakończenie.

Wykonane próby nie obejmują całości zagadnień, rozwiązywanych doświadczalnie w zwiarciozni. Przewiduje się dalsze korzystanie ze zwiarciozni czechosłowackiej w następnych latach, aż do czasu wybudowania i uruchomienia własnej zwiarciozni. Na 1954 rok, kiedy zwiarcioznia czechosłowacka będzie wyposażona w transformatory podwyższające napięcie, przewiduje się badania zwiarciozne przyrządów rozdzielniczych do napięć 110 kV włącznie; wtedy będzie pokryty cały asortyment produkowanej aparatury oraz prototypów, będących w opracowaniu.

*) Wyniki badań są podane w referacie mgra inż. R. Skarżyńskiego pt. Wyniki prób wyłączników wysokiego napięcia prądu zmiennego produkcji krajowej (ob. w niniejszym zeszycie na str. 517—523).

MGR INŻ. CZ. RUKSZTO

Postulaty energetyki w dziedzinie produkcji przyrządów rozdzielczych

621.3:621.312:621.316.5:621.316.267

Treść. Poziomy mocy zwarciovych i niebezpieczeństwo zakłóceń ruchu w układach energetycznych narzucają wymagania co do jakości przyrządów rozdzielczych. Przewidywany rozwój sieci i stacji elektrycznych pozwala ustalić potrzeby naszej energetyki w dziedzinie aparatury łączeniowej przy uwzględnieniu dotychczasowych asortymentów CZPMEI. W dążeniu do podniesienia jakości produkcji i zwiększenia asortymentów zaproponowano pewne zmiany organizacyjne w sprawach biur konstrukcyjnych, warsztatów, prototypów, kontroli wewnętrznej i odbiorów technicznych.

Требования энергетикки в области производства распределительных аппаратов. Уровень мощности короткого замыкания и возможность аварий в энергетических системах требуют применения распределительных аппаратов высокого качества. Ожидаемое развитие сетей и электростанций позволяет установить нужды энергетикки и области распределительных аппаратов, учитывающие нынешний ассортимент промышленности. Чтобы повысить качество аппаратов и расширить их ассортимент, выдвигается ряд предложений организационного характера по вопросам конструкторских бюро, мастерских, прототипов, внутреннего контроля и технической приемки.

Power engineering requirements in matters of switchgear production. The level of short-circuit currents and the danger of interference in operation of power systems are instrumental in enforcing certain demands as to the quality of switchgear produced. The anticipated development of electric systems and substations make it possible to determine the requirements of Polish power engineering as regards switchgear with due consideration to the hitherto available range of apparatus made by the works of the Central Board of the Electric Machinery Industry. Certain organisational changes are being suggested, with a view to raising quality and augmenting the range of manufacture, in design offices and workshops, as well as in such matters as are affecting prototypes, work control routine and technical acceptance routine.

1. Moce zwarciovie w układach energetycznych polskich.

Wzrost mocy zainstalowanej w elektrowniach i coraz ściślejse połączenia między nimi, rozbudowa sieci okręgowych w ramach planu sześciolletniego i utworzenie sześciu współpracujących ze sobą układów energetycznych nie tylko zwiększyły zapotrzebowanie przyrządów rozdzielczych, ale również zmieniły poważnie warunki ich pracy, a zwłaszcza moce zwarciovie. Trudności, wywołane zwiększeniem mocy zwarcioviej, szczególnie ostro wystąpiły w dwu układach. Są elektrownie, w których występują poważne dysproporcje pomiędzy mocami zwarcia a wytrzymałością zwarciovą — termiczną i dynamiczną — urządzeń rozdzielczych.

W jednej z elektrowni w toku są prace nad ograniczeniem mocy zwarcioviej przez zainstalowanie dławików liniowych na odciskach z szyn 15-kilowoltowych. W innej elektrowni rozdzielnia 30-kilowoltowa była dotąd wyposażona w stare wyłączniki pełnoolejowe o mocy wyłączalnej 3—4 razy mniejszej od występującej tam mocy zwarcia. Przez rozcięcie sieci 30-kilowoltowej obniżono moce zwarcia do 60% poprzedniej wartości, a w najbliższym czasie zainstaluje się partię wyłączników ekspansyjnych o dostatecznej mocy wyłączalnej.

W innym układzie sieciowym sytuacja z mocami zwarcia przedstawia się różnie na poszczególnych napięciach. W sieci 110-kilowoltowej w związku z jej rozbudową i uruchomieniem nowych maszyn zaprojektowano rozcięcie szyn 110-kilowoltowych w jednej z elektrowni. Przewidziane są dalsze rozcięcia sieci tego napięcia oraz współpraca elektrowni przez długie okrzne linie. Gdzie indziej konieczna jest wymiana wyłączników w rozdzielniach 110-kilowoltowych, w sieci zaś 60-kilowoltowej dla ograniczenia mocy zwarcia rozcina się sieć na 3 części zasilane z różnych źródeł. Na napięciu 6 kV modernizacji, tj. dostosowania do zwiększonej mocy zwarcioviej, wymagają rozdzielnie w kilku elektrowniach. W sieci 30-kilowoltowej, gdzie również są trudności ze zbyt dużą mocą zwarciovą, należy wymienić rozdzielnie w jednej elektrowni i sieć okręgową. W innym jeszcze miejscu należy ze względu na moc zwarcia i poziom izolacji wymienić wyłączniki 100-kilowoltowe.

W wielu układach sytuacja nie jest tak groźna, jednak w każdym z nich są punkty, w których moce wyłączalne są za niskie. Można ponadto stwierdzić, że na terenie całego kraju istnieje szereg elektrowni i stacji, w których moc wyłączalna wyłączników jest nieznana, a należy przypuszczać, że jest za niska.

2. Zakłócenia w pracy aparatury łączeniowej w naszych sieciach.

Dla wysnucia wniosków co do właściwego kierunku w produkcji aparatury łączeniowej w kraju należy rozpatrzyć uszkodzenia aparatury w czasie zakłóceń, które zaszły w sieciach i elektrowniach w ciągu ostatnich lat — od 1950 do 1953 r.

Trzeba stwierdzić, że przytłaczający odsetek, bo 85 do 88% wszystkich zakłóceń stanowią wypadki w sieci, z czego na stacje przypada od 24 do 33%. Tu warto zauważyć, że w ZSRR w latach 1930—35 zakłócenia w sieci sięgały 66% wszystkich wypadków. Po zastosowaniu SPZ zakłócenia w liniach znacznie zmniejszyły się osiągając w 1950 roku 20% wszystkich zakłóceń sieciowych. U nas również zastosowanie wyłączników z SPZ zmniejszyło blisko o 30% zakłócenia w sieci.

Jeżeli rozpatrywać zakłócenia stacyjne według miejsca uszkodzenia, to okazuje się, że ok. 17% przypada na wyłączniki i od-

łączniki, co stanowi najpoważniejszy procent uszkodzeń obok transformatorów. Przytłaczająca większość, bo 95% uszkodzeń wyłącznikowych, przypadła na wyłączniki olejowe. Dla uniknięcia niewłaściwych wniosków należy zauważyć, że wyłączniki olejowe stanowią większość wśród wyłączników pracujących w naszych układach energetycznych. Na podstawie materiałów Departamentu Eksploatacji Ministerstwa Energetyki, dotyczących uszkodzeń w naszych układach*, można stwierdzić, że w wypadku wybuchu wyłączników, które się wydarzyły, były spowodowane wadami konstrukcyjnymi lub zbyt małą mocą wyłączalną w stosunku do mocy zwarcioviej; jeden wypadek zdarzył się z braku oleju.

Uszkodzenie izolatorów należy do najczęściej spotykanych w wyłącznikach. Przyczyną uszkodzeń — obok przepięć i wadliwej eksploatacji — są, jak stwierdzono, w dużej mierze wady materiałowe. Defekty mechaniczne oraz uszkodzenia cewek wyzwalaczyowych wynikły w szeregu wypadków ze złej jakości produkcji.

Przy wypadkach odłącznikowych należy zwrócić uwagę również na wady fabrykacyjne i konstrukcyjne, które powodują uszkodzenia izolatorów (niewłaściwy kształt, brak wytrzymałości na dynamiczne działanie prądów zwarciovych) oraz uszkodzenie szczęk i noży. Uwzględniając liczby, wynikające z protokołów komisyjnych energetyki, można stwierdzić, że liczba uszkodzeń aparatury w energetyce jest bardzo duża i jest 2 — 3-krotnie większa niż w ZSRR. Liczba uszkodzeń aparatury łączeniowej z powodu jej złej jakości jest duża, konieczne więc jest polepszenie jakości produkcji wyłączników, odłączników, bezpieczników wielkiej mocy.

3. Rozwój sieci i stacji elektrycznych w Planie 6-letnim i dalszej perspektywie a zapotrzebowanie przyrządów rozdzielczych.

Zapotrzebowanie aparatury łączeniowej wzrasta wraz z rozwojem sieci elektrycznych. Plan 6-letni przewiduje w stosunku do 1950 r. 3-krotny wzrost sieci najwyższych napięć (od 110 kV wzwyż) przy 2,5-krotnym wzroście mocy elektrowni zawodowych. W koncepcji planu 5-letniego zakłada się na następne 5-lecie (do 1960 r.) 3-krotny wzrost łącznej długości linii 220-kilowoltowych, natomiast mniejszy, bo tylko 1,6-krotny, wzrost linii 110-kilowoltowych. Przewidywany procentowy wzrost liczby stacji i pól 110-kilowoltowych, a więc tym samym i aparatury łączeniowej, w okresie 1952-1955-1960 jest następujący:

	1952 r.	1955 r.	1960 r.
liczba stacji transformacyjno-rozdziałczych	100%	176%	265%
liczba pól	100%	203%	400%

Wzięto tu pod uwagę zarówno stacje podwyższające napięcie (przelektrowniane), jak i obniżające.

Do liczby pól montowanych w okresie 1952 — 1955 dojdzie ok. 50 pól 110-kilowoltowych, w których należy przewidywać konieczność wymiany aparatury przestarzałej, pełnoolejowej o niedostatecznych mocach wyłączalnych na nową. Wobec braku bliższych danych co do rozwoju do 1960 r. sieci 30-, 15- i 60-kilowoltowych zapotrzebowanie wyłączników na te napięcia można szacować około 10 000 sztuk rocznie. Poza tym duża, bo sięgająca 3000 sztuk, liczba takich wyłączników będzie musiała ulec modernizacji.

*) Por. artykuł mgra inż. J. Wojtowickiego pod tyt. Niektóre doświadczenia z eksploatacji wyłączników wysokiego i niskiego napięcia (str. 473—475 niniejszego zeszytu).

Ustalając zapotrzebowanie wyłączników dokładniej, trzeba uwzględnić coraz szerzej stosowane w energetyce oszczędnościowe rozwiązania układów stacji transformatorowo-rozdzielczych. Przy 2 polach liniowych i 2 transformatorowych buduje się w energetyce z zasady stacje trójwyłącznikowe w układzie H, dającym oszczędność aparatury łączeniowej. Również celem zmniejszenia liczby wyłączników i odłączników oraz częściowo

być rozszerzone na zakłady przemysłowe, gdyż zapewni to im konieczną rezerwę ruchową w magazynach i umożliwi łatwą wymianę aparatury.

W CZPMEI odbiciem akcji przejścia na napięcia normalne powinno być zmniejszenie produkcji aparatury łączeniowej na 10 i 20 kV i stopniowe przejście na napięcie 6, 15 lub 30 kV, co w rezultacie powinno przynieść oszczędności materiałowe.

Tablica I.

Rodzaj aparatury lub konstrukcja	Rozdzielnia z podwójnym układem szyn (z polem sprzęgłowym)	Rozdzielnia w układzie H trójwyłącznikowym	Rozdzielnia w układzie wielobokowym (najpewniejsza w ruchu, najbardziej elastyczna)
Wyłączniki	5	3	4
Odłączniki	12	8	12
Przekładniki prądowe	5	4	4
„ napięciowe	4	2	4
Bramki transformatorowe	2	2	2
„ liniowe	2	2	2
„ szynowe	4	—	—
Inne konstrukcje	2 bramki sprzęgłowe + 4 sprzęgłowe konstrukcje grzebieni	—	7 konstrukcji wsporczych pod izolatory „szynowe“
Wymiary terenu rozdzielni (minimalne)	$45 \times 62 = 2790 \text{ m}^2$	$27 \times 52 = 1384 \text{ m}^2$	$50 \times 40 = 2160 \text{ m}^2$
Całkowity ciężar żelaza użytego na konstrukcje wysokie i konstrukcje pod izolatory	10 068 kg	2 700 kg	5 292 kg

konstrukcji i terenu opracowano projekt stacji bezszynowej wielobokowej (czworobocznej). Rozwiązanie to, tj. układ H lub czworobok, daje dla stacji 110-kilowoltowej o 2 polach liniowych i 2 polach transformatorowych oszczędności uwidocznione w tabl. I. Porównanie to wyraźnie wykazuje oszczędności na aparaturze wysokiego napięcia przy stosowaniu układu H i czworoboku.

Celem zmniejszenia ilości konstrukcji stalowych i terenu rozdzielni przewiduje się zastosowanie odłączników typu V w rozdzielniach napowietrznych. Szyny zbiorcze umieszczone są tu wprost na tych specjalnych odłącznikach. Należy przypomnieć, że odłączniki te, typu V czy też W nie są jeszcze wytwarzane w kraju, ale prototyp oraz dokumentację techniczną energetyka wykonała we własnym zakresie.

Dla stacji końcowych stosuje się obecnie układ blokowy linia-transformator bez wyłącznika, zamiast którego instaluje się odłącznik zwierający, uruchamiany przez zabezpieczenie transformatora. Energetyka decyduje się na to prymitywne, ale tanie rozwiązanie z braku krajowej produkcji wyłączników 110-kilowoltowych. Potrzebny do tego celu odłącznik-zwieracz energetyka wykonała własnymi siłami, przerabiając produkowany przez CZPMEI normalny odłącznik na 110 kV.

Aczkolwiek te nowe, oszczędne rozwiązania zmniejszą liczbę potrzebnych energetyce wyłączników, jednak zapotrzebowanie przyrządów rozdzielniczych będzie duże.

4. Potrzeby energetyki w zakresie przyrządów rozdzielniczych i ich pokrycie.

Ustalając potrzeby energetyki w dziedzinie aparatury należy pamiętać, że między energetyką a przemysłem elektrotechnicznym nastąpiło pewne porozumienie w sprawach napięć, mocy zwarciovych, typów itd.; współpraca ta przy normalizacji i typizacji przyrządów rozdzielniczych powinna być coraz żywsza.

W sprawie napięć zdecydowano dokonać w okresie 10 — 15 lat następujących zmian:

napięcia dotychczasowe	2-5-8	20	35—40	50	100 kV
przyszłe napięcia normalne	6 lub 15	15	30	60	110 kV

Już zlikwidowano w energetyce zawodowej napięcie 50 kV, rozpoczęto likwidację napięć 22 kV, 33 kV, 35 kV. Akcja przejścia na napięcia 6 lub 15 kV trwa.

W zakładach przemysłowych podobnie jak w energetyce zawodowej liczba stosowanych napięć jest duża. Przechodzenie na normalne napięcia w sieci wewnętrznej i zewnętrznej powinno

Ze względu na pozostawienie napięcia 10 kV jako generatorowego wypadnie w dalszym ciągu produkować pewne ilości aparatury na to napięcie, ale na większe prądy znamionowe i większe moce zwarciovowe.

Przed kilku laty przekazano do CZPMEI przytłoczone nierzadkie dane dotyczące mocy zwarciovych i wykonania aparatury wysokiego napięcia z myślą o rozszerzeniu programu produkcji i podniesieniu jej jakości, lecz jak dotąd wyniki przeprowadzonych konferencji uzgadniających są nikłe, a przecież praca i rozwój energetyki musi opierać się na dostawach potrzebnych maszyn i urządzeń, przy czym rozwój produkcji przemysłu powinien wyprzedzać rozwój energetyki zarówno pod względem ilości jak i asortymentu produkowanych urządzeń. Tymczasem przemysł nie nadąża za potrzebami i nie uczynił w latach ostatnich dostatecznych wysiłków dla ich zaspokojenia. Produkcja opiera się, niestety, na przestarzałych prototypach sprzed kilkunastu lat, a jakoś wyrobów pozostawia wiele do życzenia.

Oto obraz stanu rzeczy w dziedzinie wyłączników wysokiego napięcia.

110 kV. — Energetyka potrzebuje wyłączników większej mocy, rzędu 2500 MVA, typu powietrznego dla ważnych stacji sieciowych i rozdzielni elektrowniowych oraz wyłączników mniejszej mocy, rzędu 1500 ÷ 2000 MVA, prostszych i tańszych, małoolejowych z napędem elektrycznym dla mniej ważnych stacji sieciowych.

Przemysł wyłączników 110-kilowoltowych dotychczas nie produkował, rozporządza jednak dokumentacją radziecką na wyłącznik o mocy 2500 MVA; jego prototyp ma być wykonany w r. 1953. Ponadto przemysł miał niewykończony prototyp wyłącznika małoolejowego konstrukcji krajowej o mocy rzędu 1500 MVA. Wobec trudności wykończenia tego prototypu przez przemysł energetyka przejęła go do ostatecznego montażu i dokonania prób w sieci, zlecając odpowiednie prace natury konstrukcyjnej Zakładowi urządzeń elektroenergetycznych Politechniki Gliwickiej. Pierwsza próba dała wynik pomyślny, następuje w toku. Wyłączniki małoolejowe nie wymagają deficytowych urządzeń sprężonego powietrza do gaszenia łuku.

30 kV. — Energetyka potrzebuje wyłączników napowietrznych i wewnątrzowych o mocy wyłączalnej 600 ÷ 800 MVA dla głównych rozdzielni oraz wyłączników na 200 ÷ 250 MVA dla mniej ważnych stacji (np. obniżających napięcie).

Przemysł produkuje wyłączniki małoolejowe, ale tylko na 450 MVA o starszej i drogiej konstrukcji i tylko typu napowietrznego, oraz wyłączniki pełnoolejowe o mocy 200—250 MVA. W roku bieżącym ma być rozpoczęta produkcja wyłączników nowego typu o mocy 600 MVA.

Należy zaznaczyć, że w ostatnim czasie zdarzyło się kilka eksplozji krajowych wyłączników pełnoolejowych, co częściowo należy przypisać wadom konstrukcyjnym i złej jakości zastosowanych materiałów, w szczególności porcelany, której produkcja nie podlega CZPMEI.

15 kV. — Energetyka potrzebuje wyłączników o mocy wyłączalnej 200 — 250 MVA i około 400 MVA z odpowiednio krótkim czasem własnym.

Przemysł produkuje tylko wyłączniki pełnoolejowe o mocy ok. 200 MVA. Uruchomienie produkcji wyłączników małoolejowych na 15 kV większej mocy jest zapowiadane.

6 kV. — Energetyka potrzebuje wyłączników o mocy wyłączalnej 200, 400 i 800 MVA na prąd 2000 — 3000 A.

Przemysł produkuje wyłączniki pełnoolejowe o mocy wyłączalnej rzędu 100 MVA i wyłącznik powietrzny o mocy 250 MVA. W opracowaniu jest wyłącznik małoolejowy o mocy 200 MVA, oparty na dokumentacji radzieckiej, oraz przewidziane jest dostosowanie wyłącznika powietrznego do mocy rzędu 400 MVA.

W konkluzji należy stwierdzić, że dotychczasowa produkcja ogranicza się do przestarzałych typów wyłączników pełnoolejowych o małej mocy wyłączalnej, jednego typu małoolejowego na 30 kV o starej i drogiej konstrukcji i jednego powietrznego na 6 kV, co w żadnym wypadku nie może zaspokoić potrzeb energetyki. Stan ten pogarsza opóźnienie z produkcją dławików przeciwzwarciowych w kraju i brak dotąd opracowanej dokumentacji nowoczesnych dławików betonowych.

Charakteryzując dalej potrzeby energetyki trzeba również przypomnieć o braku produkcji zestawów sprężarkowych i sprężarek do 33 atn do wyłączników 110-kilowoltowych. Wyłączniki dostarczane przez przemysł nie są wyposażone w urządzenia sterujące SPZ. Energetyka opracowała we własnym zakresie dokumentację urządzeń mechanicznego SPZ, dostosowanego do wyłączników olejowych.

Odlącniki są wykonywane bez styków pomocniczych (sygnalizacyjnych i ryglujących) oraz bez rygli elektromagnetycznych tak ważnych wobec szeregu zaburzeń łączeniowych, które nie zdarzyłyby się, gdyby istniała blokada między wyłącznikami a odlącnikami. Brak jest noży uziemiających. Niedostateczna jest jakość i liczba produkowanych bezpieczników wielkiej mocy wysokiego napięcia.

Wobec wymienionych braków i niedomagań obecnego asortymentu produkcji, opartego głównie na wyłącznikach pełnoolejowych, zrozumiata jest dążenie energetyki do zupełnego usunięcia z rozdzielni potrzeb własnych elektrowni tych wyłączników, jako zmniejszających pewność ruchu zarówno elektrowni, jak i pracującego z nią układu.

Zarówno niewystarczająca liczba typów przyrządów rozdzielczych średnich napięć, jak i zupełny brak krajowej produkcji wyłączników na napięcie 110 kV, zmuszają energetykę do korzystania z importu w dużej mierze.

5. Walka o nowe asortymenty i jakość aparatury łączeniowej.

Rozważając zagadnienie poprawy jakości wytwarzanej u nas aparatury łączeniowej, należy stwierdzić, że rozwiązanie sprawy zależy nie tylko od przełamania trudności materiałowych, czy

może i kadrowych, ale także od zmiany ustosunkowania się przemysłu elektrotechnicznego do rosnących potrzeb energetyki.

Pożądaną i konieczną zmianę można by osiągnąć następującymi środkami:

a) Znaczące wzmocnienie biur konstrukcyjnych aparatury łączeniowej; biura te powinny mieć własny plan opracowywania prototypów i odpowiadać za jego wykonanie.

b) Utworzenie specjalnego warsztatu prototypów, który powinien mieć własny plan produkcyjny i za niego w pełni odpowiadać.

c) Postawienie przed biurami konstrukcyjnymi i warsztatem prototypów zadania jak najszybszego przystosowania do naszych potrzeb rozwiązań konstrukcyjnych nowoczesnej aparatury, wytwarzanej w ZSRR, krajach Demokracji Ludowej i innych*).

d) Zaostrzenie wewnętrznej kontroli technicznej w produkcji, surowe stosowanie odbiorów technicznych i wprowadzenie listów gwarancyjnych na przyrządy rozdzielcze. Odbiory techniczne, dokonywane w zakładzie wytworcy z upoważnienia odbiorcy przez odpowiednie zakłady naukowe, winny stać się dzwignią jakości aparatury łączeniowej. Stałe przenoszenie wniosków, wynikających z odbiorów technicznych, do produkcji napewno szybko podniesie jakość wyrobów przemysłu elektrotechnicznego.

e) Szybsze uruchomienie krajowej zwarciowni, tak potrzebnej do badania aparatury wysokonapięciowej.

6. Wnioski.

Poważny rozwój gospodarczy kraju stawia codziennie przed energetyką trudne zadania bezprzerwowej dostawy energii o parametrach gwarantowanych. Część tego zadania spada na przemysł elektrotechniczny, jako dostawcę urządzeń, w tym aparatury łączeniowej.

Najważniejsze żądania energetyki w stosunku do przemysłu elektrotechnicznego są, zdaniem autora, następujące:

a) Uruchomienie produkcji wyłączników 110-kilowoltowych o mocy wyłączalnej 2500 MVA (WW 110) z zestawami sprężarkowymi i sprężarkami oraz małoolejowych na 1500 MVA, jako zagażnienie pierwszorzędnej wagi, powinno być rozwiązane w pierwszej kolejności. Zlikwiduje to import aparatury z zagranicy i ułatwi rozwój naszych układów energetycznych.

b) Uruchomienie produkcji wyłączników 30-kilowoltowych napowietrznych i wnetrzowych na moc wyłączalną 600 ÷ 800 MVA (małoolejowych).

c) To samo, ale na 200 ÷ 250 MVA oraz wyłączników na 15 kV, 200 ÷ 250 MVA i 400 ÷ 500 MVA.

d) To samo, ale na 6 kV o mocy 200, 400, ewent. 800 MVA (małoolejowe i przystosowanie powietrznych).

e) Zapewnienie kompletnych dostaw aparatury łączeniowej.

f) Wobec znacznej rozbudowy sieci 220-kilowoltowych w latach 1955 — 1960 rozpoczęcie w terminie 1955 — 1956 r. przygotowań do produkcji aparatury na 220 kV tak, aby pod koniec Planu 5-letniego można było liczyć na krajowe odlącniki 220-kilowoltowe.

g) Poprawa jakości produkowanej dotąd aparatury.

*) Ob. np. wyłącznik małoolejowy na 200 MVA, 10 i 20 kV, 400 A o bardzo małych wymiarach i dowolnym napędzie (ETZ, wyd. B, 1953, nr 4).

MGR INŻ. J. WOJTOWIECKI

Kat. Urząd. Elektr. Politechn. Śląsk.

Doświadczenie z eksploatacji wyłączników wysokiego napięcia

621.316.5.027.3.002(438)

Treść. Krótki przegląd dotychczasowego doświadczenia w eksploatacji wyłączników wysokiego napięcia polskiej produkcji. Na podstawie danych energetyki, dotyczących zaburzeń w pracy wyłączników, poddano uszkodzenia analizie i wysnuto z niej wnioski oraz zalecenia ogólne. Podano kilka typowych uszkodzeń wyłącznika.

Опыт в области эксплуатации выключателей высокого напряжения. Краткий обзор эксплуатационного опыта в области выключателей высокого напряжения польского производства. На основании данных энергетик были подвергнуты обследованию аварии в работе выключателей и из анализа этих аварий извлечены указания общего характера. Приведено несколько типичных примеров повреждения выключателей.

Experience acquired in the operation of H. T. circuit-breakers. A brief review of experience hitherto acquired in the operation of Polish-made H. T. circuit-breakers. A detailed survey is made, on the basis of power engineering records, of disturbances in the operation of circuit-breakers; inferences are drawn from them and general recommendations advanced. Specification of certain typical defects in circuit-breakers.

1. Wstęp.

Poniższe uwagi są krótkim przeglądem dotychczasowego doświadczenia eksploatacyjnego z wyłącznikami wysokiego napięcia produkcji krajowej, pracującymi w różnych gałęziach przemysłu. Poddano w nich analizie przydatność poszczególnych typów, biorąc pod uwagę warunki znamionowe, bezpieczeństwo, obsługę, konserwację oraz możliwość zastosowania w różnych warunkach pracy i różnych typach rozdzielni.

3 Przegląd Elektrotechniczny

Uwagi obejmują następujące typy wyłączników (produkcji A1): Wyłącznik R-30, typ W-342, pełnoolejowy, moc wyłączalna 200 MVA z napędem ręcznym i 300 MVA z napędem silnikowym w wykonaniu zewnętrznym i wnetrzowym. Obecnie pracuje kilkadziesiąt sztuk tych wyłączników, z czego ogromna większość w energetyce.

Wyłącznik R-30, typ 695, małoolejowy, moc wyłączalna 450 MVA, prąd znamionowy 600 A, w wykonaniu zewnętrznym

i wewnętrznym. Obecnie pracuje ich kilkaset sztuk, większość w energetyce.

Wyłącznik R-20, typ W-242, pełnoolejowy, moc wyłączalna 200 MVA, prąd znamionowy 400 A, w wykonaniu zewnętrznym i wewnętrznym. Obecnie pracuje ich kilka tysięcy sztuk, większość w energetyce.

Wyłącznik R-10, typ 1075, powietrzny, wewnętrzny, moc wyłączalna 250 MVA, prąd znamionowy 1000 A. Wyłączniki te w liczbie kilkuset sztuk pracują głównie w hutnictwie.

Tablica I. Podział uszkodzeń według zasadniczych elementów wyłącznika, które uległy uszkodzeniu

Elementy wyłącznika	Podział uszkodzeń (%)				Łączna liczba uszkodzeń
	110 — 60 kV	40 — 30 kV	20 kV i niżej	razem	
1. Wybuchy wyłączników (zniszczenie zbiornika)	0,9	2,7	1,8	5,4	6
2. Uszkodzenie izolatorów	2,8	16,8	15,0	34,6	39
3. Uszkodzenie styków	—	0,9	2,6	3,5	4
4. Uszkodzenia mechaniczne (rozluźnienie śrub, pęknięcie bolców, zawlecze itp.)	2,6	7,9	9,7	20,2	23
5. Uszkodzenie cewek wyzwalaczy	—	—	2,7	2,7	3
6. Uszkodzenia z nieustalonych przyczyn	3,8	1,8	28,0	33,6	38
Razem	10,1	30,1	59,8	100,0	113

Tablica II. Podział uszkodzeń wyłączników według zasadniczych przyczyn uszkodzenia

Przyczyny uszkodzeń	Podział uszkodzeń (%)				Liczba uszkodzeń
	110 — 60 kV	40 — 30 kV	20 kV i niżej	razem	
1. Brak konserwacji i remontów	—	7,0	19,5	26,5	30
2. Przecięcia atmosferyczne i ziemnozwarciowe	1,8	2,6	15,0	23,0	26
3. Wady fabrykacyjne i konstrukcyjne	3,5	13,5	12,5	29,5	33
4. Nie wyjaśnione	2,6	7,9	10,5	21,0	24
Razem	7,9	34,6	57,5	100,0	113

Wyłącznik R-10, typ W-141, pełnoolejowy, wewnętrzny, moc wyłączalna 100 MVA, prąd znamionowy 400 A. Wyłączniki te w liczbie kilku tysięcy pracują we wszystkich gałęziach przemysłu, najwięcej w przemyśle węglowym.

Dane i doświadczenie eksploatacyjne oparto głównie na analizie zaburzeń według informacji najpoważniejszego użytkownika wyłączników, jakim jest energetyka. W tablicach zestawiono wszystkie uszkodzenia wyłączników zarówno krajowych, jak i zagranicznych.

2. Analiza uszkodzeń.

a) Rok 1952. Uszkodzenia urządzeń rozdzielni stanowią 12,5% wszystkich uszkodzeń w elektrowni i sieci; z tego na wyłączniki przypada 22%, co stanowi 2,75% wszystkich uszkodzeń w energetyce. Uszkodzeniom uległy w roku 1952 prawie wyłącznie wyłączniki olejowe (95%), w większości krajowe (tabl. I i II).

Przyczyny uszkodzeń, podanych w tabl. I:

Ad 1. Wybuchy wyłączników zostały spowodowane wadami konstrukcyjnymi, zbyt małą mocą odłączalną w stosunku do mocy zwarciowej, występującej w danym punkcie układu energetycznego, oraz w jednym wypadku brakiem oleju w wyłączniku, a więc winą obsługi eksploatacyjnej.

Ad 2. Uszkodzenia izolatorów przepustowych są najczęściej spotykanymi uszkodzeniami wyłączników specjalnie polskich pełnoolejowych R-30. W wyłącznikach tych izolacja przepustów ma zbyt skąpe wymiary, występują tam miejsca o znacznych napięciach elektrycznych. W wielu przypadkach stwierdzono istnienie wyładowań ślizgowych, wskazujących na niewłaściwą konstrukcję izolacji. Oprócz tego stwierdzono często w wyłącznikach olejowych na 10—30 kV niestaranny montaż izolatorów, polegający na nieosiowym umieszczeniu izolatora przepustowego w kołnierzu pokrywy, wskutek czego warstwa kitu jest rozmieszczona nierównomiernie na obwodzie. Ponieważ kit amortyzuje udary mechaniczne, mogące zdarzyć się w czasie transportu, montażu lub w procesie wyłączania, więc brak kitu z jednej strony izolatora i bezpośrednie zetknięcie z pokrywą ułatwiają przenoszenie znacznych sił na izolator i są przyczyną uszkodzeń mechanicznych izolatora.

Również niedopatrzienia eksploatacyjne (brak przeglądu lub pomiarów, zanieczyszczenia itp.) są przyczyną uszkodzeń izolatorów.

Ad 3. Uszkodzenia styków następują wskutek niedokładnego montażu i braku należytej kontroli.

Ad 4 i 5. Uszkodzenia mechaniczne i uszkodzenia cewek wyzwalaczy wynikają również głównie z braku odpowiedniej kontroli produkcji, z braku odbioru gotowych wyłączników, z braku konserwacji i remontów w czasie eksploatacji.

b) Rok 1953 (I kwartał). Uszkodzenia wyłączników stanowiły 22,2% uszkodzeń wszystkich urządzeń rozdzielni

w elektrowniach i w sieciach; stanowi to 2,4% wszystkich uszkodzeń w energetyce (tabl. III i IV).

Przyczyny uszkodzeń, podanych w tabl. III:

Ad 1. Wybuchy spowodowane niedostateczną mocą wyłączalną. Wskutek rozbudowy elektrowni i pracy układów energetycznych o wielkich mocach zwarcia stare urządzenia okazują się za słabe pod względem zwarciowym i w wielu wypadkach należałoby je wymienić, względnie zmniejszyć moc zwarcia dla nich przez zastosowanie dławików lub zmianę układu energetycznego.

Ad 2. Uszkodzenia izolatorów przepustowych powstają w większości wypadków z winy dostawcy (jakość porcelany i wada konstrukcji przepustów) w jednym przypadku z winy personelu remontowego.

Ad 3. Uszkodzenia mechaniczne były następujące: a) pęknięcia sworznia od amortyzatora napędu (błąd fabryczny), b) zacięcia się mechanizmu napędowego (wina obsługi), c) przebiecia zwory izolacyjnej (wada materiału).

Ad 4. Przeważają błędy łączeniowe, spowodowane przez nieodpowiednią obsługę.

3. Wnioski i zalecenia ogólne, wynikające z analizy uszkodzeń.

1. Porównanie analiz zaburzeń z roku 1952 i I kwartału 1953 r. nie wykazuje zasadniczych różnic ani pod względem ich liczby, ani pod względem przyczyn ich uszkodzeń, co jest objawem niepokojącym, świadczącym o braku zdecydowanej akcji zarówno ze strony przemysłu, który nie poprawia jakości swej produkcji, ani ze strony eksploatacji, na co wskazuje wciąż duży odsetek uszkodzeń, spowodowanych niedostateczną konserwacją, wadliwymi remontami i błędami manipulacyjnymi.

2. Analiza wykazuje, że wyłączniki nie są dobrane do warunków zwarciowych, w których pracują. Istnieje zatem konieczność wymiany wyłączników na inne — o odpowiedniej mocy wyłączalnej — lub takie ograniczenie mocy zwarciowej przez ustawienie dławików lub zmianę układu energetycznego, aby ona odpowiadała mocy zainstalowanych wyłączników.

3. Częste uszkodzenia, a nawet eksplozje wyłączników krajowej produkcji, wynikające z wady konstrukcji niektórych elementów wyłącznika lub jakości wykonania, zmuszają do zwrócenia uwagi przemysłu krajowego na konieczność przekonstruowania pewnych typów oraz poprawy produkcji pod względem jakościowym.

4. Uszkodzenia izolatorów, stanowiące poważny procent uszkodzeń wyłączników i będące niejednokrotnie przyczyną większych zaburzeń, zmuszają do systematycznego i dokładnego badania własności produkowanych izolatorów przepustowych. Należy poważnie zastanowić się, jak rozwiązać zagadnienie izolacji wyłączników olejowych 30-kilowoltowych, w których konstrukcja przepustów jest niewłaściwa i nie spełnia wymagań koordynacji izolacji oraz wymagań prób napięciowych.

5. Uszkodzenia mechaniczne napędów oraz innych części wyłącznika, jak styki, cewki wyzwalaczowe itp., świadczą w równej mierze o złej jakości materiałów, wadliwym montażu oraz niewłaściwej eksploatacji i wskazują na konieczność poprawy pracy personelu montażowego, remontowego i obsługi bezpo-

b) niewłaściwe rozwiązanie konstrukcyjne pływaka (wskaźnika poziomu oleju), który zacina się i nie gwarantuje stwierdzenia rzeczywistego stanu oleju;

c) niezbyt pewne przymocowanie pokrywy do zbiornika, zwłaszcza w miejscach przyspawanych gniazd nagwintowanych.

Ponieważ moc zwarcia w układzie sieciowym w chwili wypadku wynosiła około 140 MVA, a więc mniej od mocy wyłączalnej wyłącznika, a mimo to nastąpiła eksplozja, istnieje wątpliwość co do dokładności znamionowej mocy wyłącznika.

Dla poprawy jakości wyłącznika przemysł powinien: 1) przebudować napęd tak, aby zapewnić załączenie wyłącznika jednym ruchem, 2) zmienić konstrukcję wskaźnika olejowego, 3) opracować instrukcję eksploatacyjną wyłącznika, 4) zwrócić

Tabela III. Podział uszkodzeń według zasadniczych elementów, które uległy uszkodzeniu

Element wyłącznika	Podział uszkodzeń (%)				Łączna liczba uszkodzeń
	110 — 60 kV	40 — 30 kV	20 kV i niżej	razem	
1. Wybuchy wyłączników (zniszczenie zbiornika)	—	4	4	8	2
2. Uszkodzenie izolatorów	—	12	21	33	8
3. Uszkodzenia mechaniczne	16	5	—	21	5
4. Inne uszkodzenia z nieustalonych przyczyn oraz wyłączenia bez uszkodzeń	—	8	30	38	9
Razem	16	29	55	100	24

Tabela IV. Podział uszkodzeń wyłączników według zasadniczych przyczyn uszkodzenia

Przyczyny uszkodzeń	Podział uszkodzeń (%)				Łączna liczba uszkodzeń
	110 — 60 kV	40 — 30 kV	20 kV i niżej	razem	
1. Błędy manipulacyjne	—	4,1	4,1	8,2	2
2. Brak przeglądów i konserwacji (remonty okresowe)	4,15	4,15	8,3	16,6	4
3. Wadliwy względnie niedostateczny remont	4,1	4,1	—	8,2	2
4. Wady fabrykacyjne i montaż	8,5	8,5	12,6	29,6	7
5. Nie wyjaśnione	—	8,4	29,0	37,4	9
Razem	16,75	29,25	54,0	100,0	24

średniej. Dotrzymywanie terminów okresowych przeglądów oraz staranność dokonywanych remontów i konserwacji jest warunkiem bezzakłóceńowej pracy wyłączników na równi z właściwym montażem w fabryce.

6. Błędy łączeniowe, będące nieraz powodem poważnych zaburzeń, wskazują na konieczność ciągłego podnoszenia kwalifikacji personelu eksploatacyjnego przez stałe ćwiczenia praktyczne oraz kontrolę znajomości obowiązujących przepisów.

4. Kilka typowych uszkodzeń wyłączników i wywołanych nimi zaburzeń.

Jednym z najpoważniejszych zaburzeń, które się zdarzyły w rozważanym okresie, było uszkodzenie wyłącznika pełnoolejowego produkcji krajowej R-30, typ W-342. Przy ręcznym załączeniu wyłącznika w chwili po samoczynnym wyłączeniu nastąpił wybuch, który zniszczył wyłącznik*).

Przy badaniu tego wypadku przeanalizowano szereg możliwych przyczyn eksplozji, a mianowicie: wytwarzanie się gazów przy wyłączeniu i załączeniu natychmiastowym, zapalenie się gazów od wylądowań ślizgowych, niedostateczna ilość oleju, zanieczyszczenie oleju.

W wyniku badań stwierdzono, że ręczny system napędu wyłącznika pozwala — przy niepewnym załączeniu jednym ruchem na styk i przy poprawianiu dla ostatecznego domknięcia (jak czasem bywa, gdy obsługujący jest słaby fizycznie) — na odrywanie styków i wywoływanie łuku, co przypuszczalnie było powodem wypadku, zanim bowiem powstałe przy takim załączeniu gazy zostały odprowadzone na zewnątrz, nastąpiło samoczynne wyłączenie i konieczność zgaszenia silnego łuku. Nowa znaczna ilość gazu spowodowała dalszy wzrost ciśnienia, a jednocześnie nastąpił zapłon, który wywołał wybuch. Powodem zapłonu były przypuszczalnie przeskoki iskrowe od sworzni do pokrywy, na co wskazuje znaczne wyżarcie sworzni.

Rozważania nad powyższym wypadkiem wykazały szereg wad wyłącznika, a mianowicie:

a) niewłaściwe rozwiązanie konstrukcyjne napędu wyłącznika, które utrudnia załączanie jednym ruchem, załączenie zaś „na dwa tempa“ powiększa niebezpieczeństwo rozciągnięcia łuku i nadmiernie przedłuża czas łukowy podczas załączania;

uwagę na konieczność wzmocnienia konstrukcji wyłącznika, 5) sprawdzić moc wyłączalną.

Natomiast użytkownicy muszą zaprojektować w rozdzielniach wewnętrznych osłony, chroniące przed skutkami rozerwania, z możliwością zastosowania ich do wyłączników będących w eksploatacji oraz przejść we wszystkich dużych rozdzielniach napowietrznych na napęd zdalny.

Małe rozdzielnie napowietrzne, gdzie istnieją trudności użycia napędów zdalnych ze względów technicznych lub ekonomicznych, wymagają wprowadzenia przedłużonego napędu ręcznego lub również specjalnych osłon. Jednocześnie wobec możliwości niewłaściwego manipulowania należy przeszkolić obsługę w zakresie eksploatacji wyłączników wysokiego napięcia.

Większość pozostałych zaburzeń w pracy wyłączników polskiej produkcji dotyczy wyłączników olejowych R-30 i R-20. a główną ich przyczyną są uszkodzenia izolatorów spowodowane złą konstrukcją przepustu, niekiedy jakością porcelany, wadą montażu lub przepięciami atmosferycznymi i ziemno-zwarcioowymi.

Z zaburzeń powstałych z innych przyczyn należy wymienić uszkodzenie wyłącznika R-30, typ W-342, w postaci napowietrznej, spowodowane przebieciem przez trawersę bakielitową. Ponieważ przebiecie trawersy wyłącznika tego typu i rzędu wydarzyło się nie pierwszy raz, a przyczyną jest uszkodzenie bakielitu nawet przy bardzo małej ilości wilgoci, zarządziło skrócenie (przewidywane instrukcją eksploatacyjną) okresu pobierania oleju z jednego do pół roku.

Inny wyłącznik olejowy R-30, typ W-342, uległ uszkodzeniu skutkiem pęknięcia izolatora, przez który przechodzi trzpień ze stykiem nieruchomym; pęknięcie było spowodowane złym rozwiązaniem konstrukcyjnym (brak należytej amortyzacji uderzeń występujących przy załączeniu) oraz przypuszczalnie wadliwym montażem.

W wyłącznikach powietrznych R-10, typ 1075, pracujących w większości w przemyśle hutniczym, zdarzyło się kilka uszkodzeń spowodowanych pęknięciem izolatorów przy próbnym załączeniu nie powodując jednak zaburzenia, gdyż uszkodzenie zauważono w porę i wyłącznik wymieniono. Uszkodzenia te dotyczą wyłączników wcześniej produkcji (1949 rok); obecnie sytuacja ulega poprawie.

*) Por. opis w „Energetyce“, 1953, nr 3.

MGR INŻ. W. ŻMIGRODZKI
Instytut Elektrotechniki

Napędy wyłączników wysokiego napięcia i ich zastosowanie do SPZ

621—23:621.316.57.064.22.027.3

Treść. Przegląd napędów stosowanych i potrzebnych do wyłączników. Zasada działania, budowa i zastosowanie napędów ze szczególnym uwzględnieniem możliwości wyzyskania ich do samoczynnego ponownego załączania.

Природы высоковольтных выключателей и их применение при АПВ. Обзор применяемых и необходимых приводов. Их принцип действия, конструкция и область применения с обращением особенного внимания на возможность использования их для АПВ.

H. T. circuit-breaker drives and their adaptability for automatic reclosing. Review of circuit-breaker drives, both such as are in use and such as are required. Principle of operation, design and adaptability of circuit-breaker drives, with particular allowance for the prospects of using them for automatic reclosing.

1. Podział napędów.

Napęd wyłącznika jest to — ogólnie biorąc — ta część mechanizmu wyłącznika, która służy do wykonywania czynności załączania i wyłączania. W szczególności nazwę tę stosuje się bądź do tej części mechanizmu, na którą działa bezpośrednio siła zewnętrzna, bądź do mechanizmu, który wytwarza moment mechaniczny, służący do uruchamiania wyłącznika. Dlatego też w wyłącznikach przez napęd ręczny rozumiemy dźwignię lub koło, przez napęd zaś silnikowy urządzenie, w którym moment mechaniczny jest wytwarzany przez silnik. W samym wyłączniku umieszczona jest sprężyna wyłączająca, napinana zazwyczaj w cyklu załączania i będąca również częścią napędu wyłącznika. W niniejszym artykule ta ostatnia część napędu nie wymaga omówienia. Przedmiotem opisu będzie element napędu związany bezpośrednio z rodzajem energii wykorzystywanej głównie w cyklu załączania.

Napędy można podzielić na bezpośrednie — ręczne i pośrednie — mechaniczne.

W napędach mechanicznych wyzyskujemy siły pochodzące od opadającego ciężaru, napiętej sprężyny, elektromagnesu, silnika elektrycznego lub ciśnienia powietrza.

Stosuje się często napędy mechaniczne tworzące oddzielny zestaw zamknięty w odpowiedniej osłonie i przystosowany do sprzęgania z wyłącznikiem. W takim rozwiązaniu napędy służą najczęściej tylko do załączania; wyłączanie zaś może wówczas następować niezależnie od chwilowego stanu napędu mechanicznego. W wyłącznikach z napędem pneumatycznym napęd bywa powiązany z wyłącznikiem w jedną całość, a niekiedy nawet do tego stopnia, że powietrze pod ciśnieniem porusza same styki bezpośrednio; w tym przypadku na stykach znajdują się odpowiednie tłoki. Przeważnie wyłączniki wyposażone w napęd mechaniczny mogą być również uruchamiane ręcznie za pomocą odpowiednich odepinowanych dźwigni. Do charakterystyki napędu mechanicznego służą: moment napędowy, czas załączania i wyłączania, napięcie robocze i pobór mocy lub ciśnienie powietrza i jego zużycie.

Stosowanie napędów ręcznych bezpośrednich w postaci dźwigni lub koła umieszczonego na wale wyłącznika jest ograniczone fizyczną siłą obsługującego (do 35 kg) oraz względami ruchowo-elektrycznymi. Napędy te praktycznie można stosować do manipulowania wyłącznikami o mocy wyłączalnej rzędu 100 MVA, przepisy zaś pozwalają na posługiwanie się nimi w wyłącznikach o mocy wyłączalnej do 200 MVA.

2. Rodzaje napędów.

Zakres stosowania napędów ręcznych może być rozszerzony przez uzupełnienie ich zasobnikami energii. Zasobnik energii może być w najprostszym przypadku wykonany jako ciężarowy. Zasobnik ten jest prosty w budowie i daje korzyści, polegające na możliwości zdalnego załączania i niezależnienia przebiegu załączania od kwalifikacji pracownika. Jest to w pewnych okolicznościach szczególnie cenne, gdyż zwiększa bezpieczeństwo obsługi, pozwalając np. uniknąć wypadku wówczas, gdy pracownik wbrew przepisom stosuje przy załączaniu dwa chwyt (zmienia położenie rąk na rękojeści).

Podciąganie ciężaru odbywa się w powyższych napędach ręcznie, niekiedy za pomocą przekładni. Impuls załączający również może być podawany ręcznie. Samo załączanie odbywa się w ściśle określonym czasie i przy określonej prędkości styków pod wpływem siły działającej w sposób ciągły. Na korzyść urządzenia ciężarowego należy zaliczyć i to jeszcze, że w końcowej fazie załączania, przy zejściu się styków, kiedy mogą występować znaczne siły dynamiczne odpychające, bezwładność opadającej masy ciężaru sprzyja załączaniu i ułatwia sprawne docięgnięcie styków nawet w przypadku zwarcia. Ciężar jest zawieszony na odpowiednio długiej linie stalowej, natomiast przeciwnym końcem na bębnie mechanizmu załączającego. W chwili załączania bęben zostaje mechanicznie sprzęgnięty z walkiem wy-

łącznika i odhamowany. Ciężar opada, pociągając linkę i tym samym obraca walek wyłącznika. Po wykonaniu zadania ciężar zatrzymuje się. Napędy ciężarowe są najczęściej stosowane w wyłącznikach olejowych. Wyłącznik taki jest wyposażony w normalny zamek z wolnym sprzęgłem i może być — podobnie jak wyłącznik z bezpośrednim napędem ręcznym — wyłączany ręcznie, bądź przez wywalczące napięciowe lub nadmiarowo-prądowe. Waga ciężaru jest odpowiednio dobrana do siły sprężyn wyłączających wyłącznika i przewidywanych sił dynamicznych na stykach. Waga ta dochodzi do 40 kG. Skok ciężaru na jedno załączenie wynosi ok. 0,5 m. Moment uzyskiwany na wale wyłącznika jest najczęściej rzędu 12 do 20 mkG.

Przy zastosowaniu wielokrotnego załączania od jednego wciągnięcia ciężaru i związanej z tym dłuższej jego drożej, linkę przerzuca się przez rolkę zawieszoną u stropu lub wykonuje się studzienkę o odpowiedniej głębokości z cienkościennej rury metalowej. Przy instalowaniu napędu ciężarowego należy również uwzględnić możliwość wyciągania się linki i w związku z tym należy przewidzieć odpowiednią rezerwę drogi. Dla zlagodzenia szarpnięć powodowanych bezwładnością ciężaru wbudowuje się do jego wnętrza amortyzator sprężynowy, który przejmuje na siebie hamowanie ciężaru po wykonaniu zadania.

Napęd ciężarowy ma przy swej prostocie pozory urządzenia prowizorycznego. Pod względem zwartości budowy, a także z uwagi na moment napędowy i sposób zbrojenia wyższość ma nad nim napęd sprężynowy.

Napędy sprężynowe buduje się najczęściej w postaci oddzielnej skrzynki lub szafki. Można je jednak nabudowywać na samych wyłącznikach. Napędy sprężynowe stanowią zasobniki energii bardzo dogodne w użyciu, rozwijają bowiem znaczny moment obrotowy — rzędu 40 mkG. Moment ten pozwala na uruchamianie wyłączników o ciężkich układach ruchomych, o dużym skoku styków i znacznych prędkościach, np. wyłączników o mocy 600 MVA przy napięciach do 60 kV. Napędy sprężynowe mogą po jednorazowym napięciu sprężyn wykonać parokrotnie czynność załączania i wyłączania.

Jako przykład może służyć napęd wyłącznika gazogenerującego typu WG-10 produkcji radzieckiej. Zastosowany jest w nim napęd sprężynowy typu PKW-22, który po nazorowaniu go przy załączonym wyłączniku pozwala na wykonanie cyklu „wyłączenie — załączenie — wyłączenie”. Napinanie sprężyn ręcznie odbywa się za pomocą korby przez przekładnię zębatą. Czynność tę może spełniać również silnik elektryczny niewielkiej mocy na prąd zmienny lub stały. Silnik taki samoczynnie utrzymuje sprężyny w stanie napiętym. Napinanie sprężyn za pomocą silnika trwa ok. 1/2 minuty, lecz moc silnika może być niewielka rzędu 200 do 300 W. Wyposażenie napędu sprężynowego w silnik elektryczny umożliwia pełne wyzyskanie napędu do celów zdalnego sterowania, mała zaś moc i niewielki prąd silnika nieznacznie tylko wpływa na koszt instalacji zasilającej. Czas załączania uzyskiwany przy napędzie sprężynowym jest korzystny; waha się od 0,2 do 0,3 s. Natomiast wadą napędu jest stosunkowo dość duży czas potrzebny do napięcia sprężyn. Przy wielokrotności sprężyn i dobraniu odpowiedniej przekładni mechanicznej napęd będzie zdolny wykonywać w krótkich odstępach czasu kilka kolejnych załączeń, stosownie do potrzeb — dwa lub trzy, przy czym zawsze pomiędzy nimi znajdzie się dostatecznie długa przerwa, niezbędna do napięcia sprężyn.

Stosunkowo prostą budowę mają napędy elektromagnesowe. Wykonywa się je jako oddzielne elementy, przystosowane do sprzęgnięcia z wyłącznikami różnych typów. Napędy składają się z cewki, jarzma typu płaszcowego, ruchomej zwory i części mechanicznej, która służy do zamiany ruchu postępowego zwory na obrotowy o żądanym kącie obrotu. Całość umieszczana jest zazwyczaj w zabezpieczonej przed zalaniem wodą osłonie tak, aby napędy te mogły być stosowane zarówno w urządzeniach wewnętrznych jak i napowietrznych.

Elektromagnesy w chwili rozruchu pobierają z sieci znaczny prąd (przy nieprzyciągniętej zworze). Należy się z tym liczyć zarówno ze względu na dobór odpowiedniego źródła energii, jak i z uwagi na powstające przy tym znaczne spadki napięcia. W wyłącznikach z odrębnymi biegunami, np. wielokotłowych, stosuje się elektromagnesy dla każdego biegu oddzielne, zasilane w przypadku prądu zmiennego z różnych faz. Moc czerpana z sieci przez elektromagnes jest rzędu kilku do kilkunastu kilowatów. Dla przykładu można przytoczyć dane dla tego rodzaju napędu konstrukcji radzieckiej typu PS-20, który przy napięciu 115 V pobiera z sieci 225 A, przy czym napięcie mierzzone na jego zaciskach w czasie włączania obniżało się do ok. 80 V. Do napędu wyłącznika małosilowego na 110 kV stosowano trzy takie elektromagnesy, umożliwiając tym samym niezależną pracę poszczególnych biegunów wyłącznika.

Użytkownicy napędów elektromagnesowych, zmierzając do zmniejszenia uderzeń prądu i do ograniczenia w pewnym stopniu spadków napięcia, nie kępowali brakiem miejsca, skłonni są stosować elektromagnesy większe i cięższe o zwiększonym przekroju poprzecznym rdzenia i zwory, lecz o zmniejszonej indukcji w żelazie. Powiększenie np. powierzchni zwory elektromagnesu ze 106 cm² do 288 cm² pozwoliło na obniżenie prądu pobieranego przez elektromagnes z 225 A do 120 A na każdej fazie wyłącznika. Pociągnęło to za sobą wzrost ciężaru elektromagnesu o ok. 80% oraz wzrost objętości, przy czym waga między użytej w uzwojeniu nie wzrosła *).

Czas załączania uzyskiwane przy napędach elektromagnesowych wynoszą przeciętnie 0,15 do 0,3 s, niekiedy jednak dochodzą do 0,85 s. Czas ten zależy w dużym stopniu od wielkości wyłącznika i budowy jego układu ruchomego, a także od sprężyn wyłączających. Na podstawie danych katalogowych, dotyczących wyłączników radzieckich, można wnioskować, że w przypadku wyłączników o prostym układzie mechanizmu łączeniowego czas są krótsze, w przypadku zaś układów skomplikowanych — dłuższe. Np. w wyłączniku pełnoolejowym typu WMB (R10) przy czasie włączania równym 0,14 s załączanie trwa 0,25 s; w wyłączniku pełnoolejowym typu WMD-35-N (R35) przy czasie włączania równym 0,16 s — załączanie trwa 0,19 s; za to w wyłączniku małosilowym dwugarnkowym typu MGG-229 i MGG-599 o złożonym układzie komór, przy czasie włączania 0,32 s i 0,35 s, czas załączania wynosi odpowiednio 0,7 s, a nawet 0,85 s. Napędy elektromagnesowe powinny umożliwiać parokrotne załączanie w czasie stosunkowo bardzo krótkim, bezpoślednio jedno po drugim.

Napędy silnikowe wyposaża się w silniki elektryczne trójfazowe lub uniwersalne. Moment obrotowy na wale silnika przenosi się przez przekładnię zębata i mechanizm zamka na wał wyłącznika. Budowane w kraju napędy silnikowe wyposażone są w uniwersalny silnik szeregowy kolektorowy, przystosowany do napięcia 110 V albo 220 V prądu stałego lub zmiennego. Napęd sprężynowy jest z wyłącznikiem za pomocą sprężyna przegubowego. Zamek i związane z działaniem zamka wyzwalacze napięciowe (zanikowe lub wzbijakowe) znajdują się wewnątrz skrzyni napędu. Wyłączniki, które przy napędzie ręcznym wyposaża się we własny zamek, pozabawiane są tego zamka dla współpracujących z napędem silnikowym, jak to np. widzimy w wyłącznikach olejowych produkcji krajowej. Poza tym wyłącznik przystosowany do napędu silnikowego musi być zaopatrzone w konstrukcję wsporczą, służącą do podparcia i umocowania skrzyni napędu. W stanie załączonym wyłącznika moment pochodzący od sprężyny wyłączającej przenosi się przez sprężynę na zamek znajdujący się w skrzyni napędu. Ze względu na znaczną bezwładność ruchomych części napędu i dla złagodzenia uderzeń wstawia się pomiędzy silnik i mechanizm sprężynowy cierny o regulowanym poślizgu.

Moce silników napędowych spotykane w napędach produkcji niemieckiej dochodzą przy silnikach trójfazowych do 6 kVA, przy silnikach zaś prądu stałego do 2,6 kW.

Moment obrotowy na wale silnika może ulegać wahaniom wynikającym z wahań napięcia na zaciskach silnika. Przyczyną tego są najczęściej spadki napięcia wywołane znacznym prądem, którym silnik czerpie z sieci w czasie swej krótkotrwałej pracy. Wartość tego prądu wynosi w napędach krajowych 80 A przy 110 V i 40 A przy 220 V. Przy napędzie silnikowym uderzenie prądu jest mniejsze niż przy napędzie elektromagnesowym, a spadki napięcia można w pewnym stopniu opłacać bez konieczności nadmiernego powiększania przekrojów przewodów, silniki bowiem napędowe wykonują się na napięciu znamionowe o 20% niższe od napięcia panującego w obwodzie zasilającym je, w szereg zaś z silnikiem wtrąca się w obwód

oporniki o regulowanej oporności. Oporniki nastawia się w taki sposób, aby łączny spadek napięcia w sieci zasilającej silniki i na oporniku wynosił żądane 20%. Ponieważ silnik oprócz załączania wykonuje po każdym wyłączeniu czynność ponownego zbrojenia napędu, przy czym moment niezbędny do zbrojenia jest mniejszy od momentu przy załączaniu, przeto stosowane są dwa niezależne oporniki równoważące spadki napięcia dla różnych warunków obciążenia silnika.

Czas załączania dla napędu silnikowego sprężyniowego z wyłącznikiem olejowym wynosi przeciętnie 0,45 s. Czas włączania zależy od sprężyn wyłączających wyłącznika. Sprężyny te muszą oprócz własnych mas ruchomych wyłącznika przyspieszyć przy włączaniu masy znajdujące się wewnątrz napędu i stanowiące część zamka, a także pokonać opory tarcia. Masy te i opory w napędzie produkowanym obecnie w kraju nie są do pominięcia i należy się liczyć z ich wpływem. Szereg prób, wykonanych z wyłącznikami R10 i R20, wyposażonymi we wspomniane napędy, wykazał, że wyłączniki olejowe R10 nie mogą „pociągnąć” napędu i zmniejszała się prędkość przy włączaniu. Jest to niewątpliwie wada lub złe wykonanie sprężyn wyłączających i napędu. Na wykresach indykatora prędkości zaobserwowano nagle zahamowanie opadania styków w chwili ich rozchodzenia się, to jest w momencie, gdy przestawały działać siły pochodzące od sprężyn dociskających styki i pozostawała jedynie sprężyna wyłączająca; następowało to przy tym w chwili, kiedy końcowa jest możliwie duża prędkość rozchodzenia się styków.

Podczas włączenia napęd silnikowy przygotowuje się samoczynnie do ponownego załączenia przez wspomniane już wyżej zbrojenie. W czasie zbrojenia silnik biegnie w kierunku przeciwnym do kierunku ruchu przy załączaniu i ustawia w położeniu roboczym odpowiednie elementy mechanizmu rozróżne przy włączaniu. Czynność zbrojenia trwa ok. 0,8—1 s. W tym czasie napęd nie jest zdolny do wykonania czynności załączania i nie przyjmuje impulsu załączającego.

Do celów regulacji i kontroli napęd silnikowy może być również przestawiany ręcznie w położenie załączenia i ręcznie zbrojony. Służą do tego dźwignia zakładana na zakończenie wału napędowego.

Obok opisanego wyżej napędu przemysł krajowy wprowadza w wyłącznikach olejowych R10 lekkie napędy silnikowe typu NS2. Napęd ten odznacza się małymi wymiarami urządzenia i niewielką liczbą części. Może on stanowić niejako uzupełnienie wyłącznika i nie wymaga ani specjalnej konstrukcji nośnej, ani przeróbek wyłącznika. Wszystkie elementy istniejące w wyłączniku przy napędzie ręcznym pozostają na swych miejscach. Na części mechanizmu zwanej „zabieraczem” osadza się szczególnie cierny, przekładnię ślimakową, osłonę metalową przekładni i silnik. Silnik zwiśla pionowo. Zastosowano silnik typu uniwersalnego o mocy ok. 300 W o dużej liczbie obrotów. Zasada pracy tego napędu jest odtworzenie ruchów, wykonywanych przy uruchamianiu ręcznym. Konstrukcja napędu zwarta, o charakterze kostkowym, pozwala na łatwe umieszczenie jej na wyłączniku olejowym. Mechanizm jest dostatecznie lekki, nie odczuwa się też wpływu bezwładności mas napędu, a czas działania jest krótki. Przy załączaniu czas wynosi 0,12 do 0,14 s, przy wyłączeniu zaś 0,06 do 0,08 s.

Napędy powietrzne. Uruchamianie wyłączników za pomocą sprężonego powietrza jest bardzo dogodne. Butla sprężonego powietrza lub zbiornik i urządzenie sprężarkowe do okresowego uzupełniania powietrza stanowią najkorzystniejszy zasobnik energii. Napędy powietrzne stosuje się przede wszystkim w wyłącznikach z powietrznym gaszeniem łuku, mogą one jednak być przystosowane do pracy z innymi typami wyłączników.

Spotyka się trzy odmiany napędów powietrznych.

Pierwsza stosuje dwustronny cylinder lub parę sprężonych cylinderów w ten sposób, że ruch tłoka wywołany jest przez podawanie powietrza sprężonego odpowiednio na jedną lub drugą stronę tłoka (albo do jednego lub drugiego cylindra). Przy braku ciśnienia tłok zachowuje się obojętnie i pozostaje w nadanym mu położeniu nie wywierając działania na mechanizm wyłącznika.

Druga odmiana napędu jest wyposażona w cylinder zasilany jednostronnie, przy czym tłok poddany jest stałemu działaniu sprężyny cofającej go przeciw ciśnieniu powietrza. Tłok pozostaje w spoczynku tylko w jednym z położeni, w drugim musi być utrzymywany ciśnieniem powietrza.

W trzeciej odmianie nie występują odrębne elementy napędowe w postaci cylinderów i tłoków, lecz same styki ruchome ukształtowane są w jednej swej części jako tłoki, a komory lukowe spełniają rolę cylinderów, przy czym styki-tłoki dociskane są sprężynami do styków nieruchomych.

* Smirnow M. A. Przewod dla pofazowo wkluczenia wykluczateia 110 kV (Elektr. Stancji, 1950, 7, str. 53).

W pierwszej odmianie napędu powietrze jest doprowadzane przed tłok i za tłok, przez zawory sterowane elektrycznie. Do zadziałania napędu wystarcza krótkotrwały impuls sprężonego powietrza wywołany impulsem prądu sterowniczego podanym na elektromagnes odpowiedniego zaworu. System ten dobrze pracuje z przekazywanymi. Elektromagnesy sterujące zaworami mają niewielką moc, pobierają małe prądy i przy stosunkowo niskim napięciu, mogą przeto być sterowane z niewielkich baterii akumulatorowych przy bardzo małym zużyciu energii. Impulsowy charakter pracy zmniejsza zużycie powietrza.

Napędy powietrzne pozwalają na uzyskiwanie nawet dużych sił, niezbędnych do sterowania najcięższych typów wyłączników, a ponadto częstość ich działania może być bardzo duża, gdyż nie powstają w nich uciążliwe straty ciepłe takie, jak np. w uzwojeniach elektromagnesów. Napędy te odznaczają się bardzo dużą pewnością działania i obsługa ich jest łatwa. Prostota budowy idzie tu w parze z wielką trwałością. Czas potrzebny na załączenie lub wyłączenie wynosi w wyłącznikach z wyodrębnionymi napędami ok. $0,15 \div 0,17$ s.

W wyłącznikach na najwyższe napięcia z powietrznym gaszeniem łuku stosowana jest trzecia odmiana napędu powietrznego. Styki ruchome są zakończone tłokami, a komory służą zarazem jako cylindry. Powietrze wprowadzone do komór w celu zgaszenia łuku ciśnie na tłoki i unosi styki, przy czym powstały łuk ulega zgaszeniu przez strumień powietrza. Aby nie było konieczności utrzymywania styków ruchomych pod stałym ciśnieniem powietrza wówczas, gdy wyłącznik ma pozostawać otwarty, inny zawór powietrzny uruchamia napęd noża odłącznika, który otwiera się w chwilę po zgaszeniu łuku i stwarza dostateczną przerwę izolacyjną. Wtedy ciśnienie w komorach spada wskutek zamknięcia dopływu powietrza i styki ruchome opadają pod działaniem sprężyn. Działanie poszczególnych biegunów wyłącznika jest niezależne, jak i działanie poszczególnych elementów przerywających drogę prądu. Praca poszczególnych biegunów jest koordynowana przez przełączniki sterujące zaworami powietrznymi. Stan taki umożliwia otwieranie i zamykanie zarówno wszystkich biegunów jednocześnie, jak i każdego z nich oddzielnie. Możliwe jest również chwilowe przerwanie obwodu za pomocą samych tylko styków ruchomych bez udziału noży odłącznikowych. Czas pomiędzy wyłączeniem i załączeniem jest wtedy bardzo krótki i osiąga wartości rzędu $0,05$ s (np. w wyłącznikach Brown Boveri).

Z porównania czasów zadziałania różnych napędów i wyłączników widoczne jest, że wyłączniki powietrzne z napędem powietrznym należą do bardzo sprawnych i najszybciej działających. Różnice czasów wyłączania i załączania poszczególnych typów wyłączników oraz różne właściwości napędów, które można w nich stosować, decydują o przydatności układu wyłącznik-napęd do celów samoczynnego ponownego załączania (SPZ), tzn. do urządzeń, które wywołują samoczynne załączenie wyłącznika w następstwie wyłączenia spowodowanego działaniem zabezpieczeń. Odpowiednie urządzenie czasowe sprawia, że załączenie takie następuje bądź niezwłocznie po wyłączeniu, bądź po pewnym, określonym czasie.

Stosowanie SPZ w socjalistycznej gospodarce energetycznej ma znaczenie podstawowe, gdyż pomaga utrzymać ciągłość dostawy energii elektrycznej, a więc i ciągłość produkcji, czyli pomaga wykonać plan. Dawniej ciągłość dostawy energii elektrycznej osiągnąć drogą budowy rezerwowych urządzeń zasilających. SPZ umożliwiło osiągnięcie tegoż wyniku ruchowego przy zaoszczędzeniu znacznych nakładów finansowych i materiałowych, koszt bowiem urządzeń i przyrządów niezbędnych do zrealizowania SPZ jest znikomo mały w porównaniu z kosztami budowy i eksploatacji urządzeń rezerwowych.

3. Rodzaje SPZ.

Urządzenia SPZ, które wraz z przynależnymi wyłącznikami mogą realizować ponowne załączenie w ciągu czasu nie przewyższającego $0,3$ s, nazywamy szybkimi SPZ w odróżnieniu od powolnych SPZ załączających w czasie dłuższym. Powolne SPZ można by również podzielić na grupy, wyodrębniając z nich zwłoczne SPZ. Czas zawarty w granicach $0,35$ s do $0,65$ s odpowiadałby SPZ powolnemu właściwemu, natomiast czas dłuższy — poczynając od $0,7$ s — odpowiadałby SPZ zwłocznemu. Zwłoczne SPZ wynika raczej z konstrukcji wyłącznika i w niewielkim stopniu zależy od cech samego napędu. Przykładem tego mogą być wyłączniki małoolejowe.

Urządzenia SPZ załączające tylko jeden raz nazywają się jednokrotnymi SPZ w odróżnieniu od wielokrotnych SPZ (dwukrotnych lub trzykrotnych), które po pierwszym samoczynnym załączeniu i ponownym wyłączeniu — jeżeli zwarcie utrzymuje się i ochrona prądowa powoduje następne wyłączenia — załączają po raz drugi albo i trzeci. Najczę-

ściej stosowane są jednokrotne SPZ. Według danych z praktyki ZSRR 97% wszystkich czynnych urządzeń SPZ stanowią jednorazowe SPZ.

Urządzenie czasowe wielokrotnych SPZ nastawione jest w taki sposób, że każde z następnych załączeń następuje po czasie dłuższym od poprzedniego, drugie np. po 15 s, ewentualne trzecie np. po 60 s. Każde SPZ, po wykonaniu właściwego dlań cyklu łączy, podlega w przypadku trwałego zwarcia unieruchomieniu.

W liniach sprzegowych stosowane są jednofazowe SPZ (zwane także „pofazowymi”). Jednofazowe wyłączanie ułatwia zachowanie równowagi sprężonych układów energetycznych i może być stosowane tam, gdzie bieguny wyłącznika działają niezależnie od siebie.

Wybór właściwego SPZ uzależniony jest od wymagań ruchowych, a w urządzeniach już eksploatowanych — od typu już istniejących i czynnych wyłączników. Wymagania ze strony sieci odbiorczych wynikają z warunku zapewnienia ciągłości ruchu urządzeń odbiorczych, a przede wszystkim silników, ze strony zaś linii sprzegowych — z warunku utrzymania równowagi układów.

Doświadczenie ruchowe poucza, że dla zapewnienia normalnej pracy silników elektrycznych przerwa w dostawie energii nie powinna być większa od $0,6$ s. W ciągu tego czasu silnik zachowuje zdolność przywrócenia normalnej prędkości obrotowej bez szkodliwego uderzenia prądu; silnik nie będzie jednak ponownie przyłączony, jeżeli w tym czasie nastąpi odłączenie go od sieci przez samoczynny wyłącznik napięciowo-zanikowy lub przez styczniki. Przełączniki napięciowo-zanikowe powinny w tych warunkach działać z opóźnieniem odpowiednio nastawianym. Istniały obawy, że styczniki, których czas własny jest bardzo krótki, rzędu $0,05 \div 0,08$ s, będą powodowały przy zaniku napięcia niezwłoczne odłączanie silników; stwierdzono jednak, że styczniki reagują na zanik napięcia z opóźnieniem ok. $0,6$ s. Przyczyną tego jest napięcie istniejące na zaciskach silników będących w ruchu; silniki asynchroniczne pracując od chwili zaniku napięcia jako prądnice i przez pewien krótki czas zasilają cewki styczników.

W sieciach rozdzielczych wystarcza na ogół stosowanie powolnego SPZ z zastrzeżeniem doboru najodpowiedniejszych czasów załączania stosownie do rodzaju odbiorników i charakteru zasilanych odbiorców energii.

Zachowanie równowagi w układach energetycznych wymaga stosowania szybkiego SPZ. Czas pomiędzy załączeniem i wyłączeniem musi być utrzymany w granicach co najwyżej $0,2 \div 0,25$ s (według źródeł amerykańskich nawet $0,08$ s). Narzuca to z góry rodzaj wyłączników i napędów, zmuszając do stosowania wyłączników powietrznych z napędem powietrznym, a w niektórych przypadkach — wyłączników olejowych. Mogą tu znajdować zastosowanie na przykład produkowane przez ZSRR wyłączniki powietrzne typu WW-110, 110 kV, w których czas rozsunienia styków, zgaszenia łuku i ponownego zejścia się styków wynosi ok. $0,15$ s.

Wyłączniki od 60 kV w górę buduje się przeważnie jako jednobiegunowe; przy zastosowaniu indywidualnego napędu poszczególnych biegunów mogą one pracować w układzie jednofazowego SPZ.

W wyłącznikach olejowych czas potrzebny na przebycie całej drogi przez styki ruchome przy wyłączaniu jest również krótki i wynosi przy 220 kV około $0,05$ s, jest więc bliski czasem wyłączników powietrznych. Przy napięciach niższych natomiast czasy wyłączania mogą być dłuższe i sięgają $0,13$ s w wyłącznikach rzędu R30. Dla wyzyskania zalet tych wyłączników, tak cennych w układach z SPZ, istotną sprawą jest dobranie właściwego napędu, który pozwoliłby na wykorzystanie ich przez równie krótkie czasy załączania. Takimi napędami są przede wszystkim napędy elektromagnesowe i powietrzne, jako rozporządzające dostateczną siłą do rozwijania znacznych prędkości i umożliwiające indywidualne sterowanie biegunów w przypadku wyłączników wielokotłowych. Żadne inne rodzaje wyłączników poza powietrznymi i pełnoolejowymi nie spełniają obecnie wymagań szybkiego SPZ. Szczególnie ograniczone są pod tym względem wyłączniki z komorami olejowymi, a więc olejowe z komorami i małoolejowe. Czas napełniania się komór olejem po każdym wyłączeniu jest znaczny i dochodzi w niektórych konstrukcjach do 5 s. Możliwość powtórzonego wyłączenia po załączeniu przez SPZ na trwające zwarcie zawsze występuje, a wtedy może się zdarzyć, że komory nie powrócą jeszcze do normalnego stanu; należy się przeto liczyć z poważnym ograniczeniem mocy wyłączalnej takich wyłączników. Zmniejszenie mocy zależy od kilku czynników i może wynosić od $0,8$ do $0,55$ mocy znamionowej wyłącznika.

Tablica I. Cechy napędów i przystosowania do SPZ

Rodzaj napędu	Moment użyteczny (mkG)	Czas przerwy SPZ (sec)	Moc znamionowa (kVA)	Zastosowanie do SPZ	Zastosowanie w urządzeniach
Ciężarowy	12 — 20	0,5 — 0,7	—	powolnego	uniwersalne
Ciężarowy z silnikiem	do 40	0,5 — 0,7	0,1	"	"
Sprężynowy	40	0,3 — 0,35	—	"	"
Sprężynowy z silnikiem	"	0,3 — 0,35	0,3	"	"
Elektromagnesowy	30	od 0,15 do 1,4	3,5 — 13,0	szybkiego, powolnego i zwłocznego	tylko " w urządzeniach wyposażonych w silne źródło pomocnicze energii pr. st. lub zm.
Silnikowy	20	0,2 — 1,5	0,3 — 6,0	szybkiego, powolnego i zwłocznego	w podstawach wyposażonych w pomocnicze źródło energii pr. st. lub zm.
Powietrzny	praktycznie bez ograniczeń	0,15 — 0,25	—	szybkiego	w podstawach wyposażonych w urządzenie sprężonego powietrza

Tablica II. Zestawienie potrzebnych oraz produkowanych w kraju napędów dla potrzeb SPZ

Rodzaj napędu	Rodzaje wyłączników				
	olejowe	małoolejowe		powietrzne	
	do 30 kV	do 30 kV	powyżej 30 kV	do 30 kV	powyżej 30 kV
Ręczny	produkowany	produkowany	—	—	—
Ciężarowy	produkowany poza przemysłem elektro-technicznym	—	—	—	—
Sprężynowy	potrzebny, produkcji nie wznowiono	potrzebny, lecz nie produkowany	potrzebny, lecz nie produkowany	—	—
Sprężynowo-silnikowy	potrzebny, lecz nie produkowany	potrzebny, lecz nie produkowany	potrzebny, lecz nie produkowany	nie wznowiono produkcji (wyl. samo-sprężarkowe)	—
Elektromagnesowy	nie produkowany	—	nie produkowany	—	—
Silnikowy lekki	będzie produkowany	produkcja i zastosowanie pożądane	—	—	—
Silnikowy ciężki	nieodpowiedni	produkowany	produkowany	—	—
Powietrzny	—	przewidziany	—	produkowany	będzie produkowany

4. Przydatność napędów do urządzeń SPZ.

Do powolnego SPZ nadają się wszystkie napędy, poczynając od ciężarowego. Przy doborze napędów należy uwzględnić cechy wyłączników; np. wyłączniki małoolejowe można zaopatrywać w napędy o powolniejszym działaniu, gdyż powolność ruchu napędu ma w nich znaczenie drugorzędne. W krajowych wyłącznikach małoolejowych R30 mogą być przy SPZ stosowane napędy silnikowe typu NS2 wymagające ok. 1 s na zbrojenie i ok. 0,5 s na załączenie, gdyż sam wyłącznik wymaga czasu tego samego rzędu na przygotowanie się do następnego wyłączenia.

Napędy ciężarowe mogą zaspokoić wymagania stawiane jednokrotnym powolnym SPZ w zastosowaniu do wyłączników olejowych niższych napięć (do 30 kV). Energetycy radzieccy stosują je w sieciach rozdzielczych z dobrym skutkiem. Niektóre rozwiązania są wynikiem prac racjonalizatorskich. Czas przerwy waha się w nich w granicach od 0,5 do 0,7 s. Napędy ciężarowe mogą być wraz z urządzeniem SPZ przystosowane w łatwy sposób do wyłączników starszych typów. Ostatnio w kraju, za przykładem ZSRR, opracowano kilka rozwiązań SPZ, które dały dobre wyniki na próbach.

Obok napędów ciężarowych równie dogodnie dla SPZ są napędy sprężynowe. Ponieważ są one silniejsze, przeto czas przerwy w wyłącznikach olejowych przez zastosowanie ich skraca się do ok. 0,3 s. Stosuje się je w sieciach niższych napięć, podobnie jak i ciężarowe.

W katalogach aparatury radzieckiej spotyka się liczne odmiany napędów elektromagnesowych przewidziane do stosowania przy różnych wyłącznikach. Napędy te mają wiele zalet, jak szybkość działania, znaczna moc oraz prostota budowy. Nasz przemysł nie produkuje obecnie napędów elektromagnesowych do wyłączników wysokiego napięcia. Według katalogów radzieckich napędy elektromagnesowe w zastosowaniu do SPZ z wyłącznikami pełnoolejowymi do 30 kV pozwalają na uzyskanie czasu 0,35 s pomiędzy wyłączeniem i załączeniem. Przy wyłączeniach małoolejowych czas ten wzrasta do 1,2 s; napędy zaś

elektromagnesowe stosowane do wyłączników pełnoolejowych na 220 kV, typu MKP, z komorami gaszącymi, dają czas 1,4 s. Są to już czasy długie i przyjęcie ich w powolnym SPZ możliwe jest tylko dla niższych napięć.

Napędy silnikowe stosuje się głównie w wyłącznikach pełno- i małoolejowych. Ze względu na powolność działania, wynikającą z miękkiej charakterystyki mechanicznej silnika szeregowego użytego w tych napędach, mogą one być stosowane do powolnego SPZ. Napędy silnikowe mogą być uruchamiane za pomocą styczników, które z kolei mogą być sterowane przekazywanymi. Przy takim rozwiązaniu sterowania napędy te umożliwiają uzyskiwanie dogodnych dla SPZ cykli łączeniowych.

Budowane przez przemysł krajowy napędy silnikowe stanowią normalne wyposażenie wyłączników małoolejowych na 30 kV i 110 kV, obsługując trzy bieguny wyłącznika jednocześnie. Brak jest tu doświadczenia w zakresie SPZ, gdyż dotychczas interesowanie się przemysłu aparatowego wymaganiami SPZ było niewielkie, a próby realizowania SPZ podjęli sami energetycy, na razie w zakresie raczej skromnym. Natomiast w przemyśle elektrotechnicznym Związku Radzieckiego zastosowanie SPZ stało się zjawiskiem normalnym szczególnie w aparatach przeznaczonych do sieci rozdzielczych. Odbiciem tego stanu są rubryki katalogów wyłącznikowych podające czasy SPZ dla właściwych typów wyłączników napędów.

W tabl. I zestawiono cechy poszczególnych rodzajów napędów pod względem przystosowania ich do SPZ. Tabl. II daje przegląd stanu rzeczy i potrzeb w zakresie napędów z punktu widzenia wymagań SPZ. Z tablic widać, że przemysł elektrotechniczny krajowy nie był dotychczas naawiony na urządzenia SPZ i związane z tym zagadnienia napędów. Istnienie jedyne niemal napędu typu silnikowego — ciężkiego i powolnego — wynikało z kontynuowania produkcji wyłączników małoolejowych, do których napęd ten jest przeznaczony. Wiele lat już trwające przystosowanie tych napędów do wyłączników olejowych R10 i R20 jest zabiegiem o charakterze doraźnym. Przewidywane wprowa-

zenie do produkcji napędu silnikowego typu NS2 będzie następny krok w rozszerzaniu zakresu produkcji napędów. Napędy NS2 oddadzą zapewne duże usługi zwłaszcza przy wyłącznikach R10, umożliwiając zastosowanie w szerszym zakresie zdalnego sterowania tych wyłączników, a do celów SPZ będą pożądane ze względu na znacznie krótsze czasy przerwy w porównaniu z czasami uzyskiwanymi przy napędach NS1.

Potrzeba zastosowania SPZ w mniejszych urządzeniach zmusiła do poszukiwania odpowiednich rozwiązań po za przemysłem aparaturowym. Znalazło to już dziś swój wyraz w udanych osiągnięciach konstruktorskich. Został bowiem wykonany prototyp urządzenia SPZ z napędem ciężarowym.

INŻ. J. LESIOWSKI

Minist. Energ.

INŻ. R. SKARŻYŃSKI

Inst. Elektr.

Modernizacja przestarzałych wyłączników olejowych

608.1:621.316.3.064.25.027.3

Тр е щ ь. Заг ад н и е н и е м о д е р н и з а ц и и в ы л ю ч н и к о в о г о в ы с о к о г о н а п я т и я з п у н к т у в и д е н и я т е х н и ч е с к о г о и э к о н о м и ч е с к о г о в с в е т л е п о т р е б, з в я з а н ы х с р о з б у д о в ы с е т и э н е р г е т и ч е с к о й. В ы н и к и i k o p p ы с ц и м о д е р н и з а ц и и в ы л ю ч н и к о в о г о o r a z s n o s o b ы j e j d o k o н а н и я. П р и к л а д ы з а с т о с о в а н и я к о м о р г а с з а ч а ю щ и х т и п о в „oil-blast“, WEI, „cross-jet“ i „deion“. А к т у а л ь н ы с т а н з а г а д н и е н и я м о d e р н и з а ц и и в ы л ю ч н и к о в о г о в ы с о к о г о н а п я т и я в П о л ь с к е.

М о д е р н и з и р о в а н и е м а с л я н ы х в ы к л ю ч а т е л е й с т а р о й к о н с т р у к ц и и. В о п р о с ы м о d e р н и з а ц и и м а с л я н ы х в ы к л ю ч а т е л е й в ы с о к о г о н а п я т и я с т е х н и ч е с к о й и э к о н о м и ч е с к о й т о ч к и з р е н и я в c в я з и с р а с ш и р е н и е м э л е к т р и ч е с к и х с е т е й. Р е з у л ь т а т ы i в ы г о л а м o d e р н и з а ц и и в ы к л ю ч а т е л е й i s n o s o b ы e j п р o в е д е н и я. П р и м е р ы п р и м е н е н и я г а с и т е л ь н ы х к а м е р т и п а „oil blast“, ВЭИ, „cross-jet“ i „deion“. Н ы н е ш н е е п o л о ж е н и е в o п р o с а m o d e р н и з а ц и и в ы к л ю ч а т е л е й в ы c o k o г o н a п я т и я в П o л ь с к е.

Modernisation of obsolete oil-break circuit-breakers. The problem of modernising the design of H. T. oil-break circuit breakers as reflected from an engineering and economic point of view, by the requirements connected with the expansion of the electric systems. Results and advantages of modernising circuit-breakers, and the means for implementing it. Instances of use of oil-blast, WEI, cross-jet and deion type blow-out chambers. The present state, in Poland, of the problem of modernising H. T. circuit-breakers.

1. Wstęp.

Moc sieci energetycznych stale wzrasta, wzrastają więc prądy zwarciove i zachodzi obawa, że wkrótce niektóre typy wyłączników wysokiego napięcia — szczególnie olejowych — zainstalowanych w sieciach energetycznych mogą znaleźć się na granicy swej wytrzymałości pod względem wymagań zwarciowych, wskutek czego należy myśleć o ich modernizacji lub wymianie. Należy również pamiętać o tym, że moce włączalne wyłączników zagranicznych o przestarzałej konstrukcji są niższe od podanych na tabliczkach znamionowych, jak to stwierdzono w ostatnich latach w zagranicznych zwarciowniach i dlatego przede wszystkim te wyłączniki powinny być zmodernizowane lub wymienione. Dla zapewnienia stateczności sieci modernizacja wyłączników winna obejmować również skrócenie czasu łączenia.

Na pytanie — wymienić czy modernizować wyłączniki olejowe wysokiego napięcia — ogólnej odpowiedzi dać nie można, ponieważ wybór rozwiązania zależy od lokalnych warunków technicznych i ekonomicznych.

2. Zagadnienie modernizacji wyłączników olejowych wysokiego napięcia z punktu widzenia technicznego i ekonomicznego.

Najprościej byłoby wymienić stare wyłączniki olejowe w. n. na dowolne typy wyłączników o żądanych wartościach znamionowych. Należy jednak liczyć się z tym, że nowa konstrukcja wyłączników na większą moc włączalną wymaga innych wymiarów gabarytowych, a więc zainstalowanie nowego wyłącznika może pociągnąć za sobą także koszty uzupelnienia lub całkowitej przeróbki konstrukcyjnej miejsca ustawienia, że wymiana będzie całkowicie nieopłacalna.

Ze względów technicznych i ekonomicznych wybór między modernizacją a wymianą wyłączników olejowych w. n. zależy głównie od ilości danego typu wyłączników, którym zagrażają nowe warunki sieciowe. Jeżeli liczba wyłączników danego typu jest znaczna, to należałoby je raczej zmodernizować mimo znacznych kosztów. Za modernizacją przemawia to, że jej wykonanie można powierzyć warsztatom remontowym poszczególnych zjednoczeń energetycznych według wzoru ustalonego dla danego typu wyłącznika. Rozwiązanie takie należy uznać za słuszne z uwagi na przeciążenie krajowej produkcji wyłączników wysokiego napięcia zapotrzebowaniami na rozbudowę sieci.

Powiększenie mocy włączalnej wyłącznika olejowego w. n. może pociągnąć za sobą duże zmiany konstrukcyjne np. wymianę izolatorów, sworzn, styków itp. odpowiednio do nowych wymagań w zakresie wytrzymałości cieplnej i dynamicznej. W niektórych przypadkach napęd wyłącznika modernizowanego może okazać się za słaby dla powiększonej mocy włączalnej, istnieje więc konieczność jego modernizacji lub wymiany, jednak koszty jednego lub drugiego rozwiązania nie stanowią jeszcze pozycji decydującej w ogólnych kosztach modernizacji.

Wydaje się, że napędy typu zasobnikowego (sprężynowe, ciężarowe) nie były u nas dotąd doceniane. Produkcja napędów sprężynowych nie została wznowiona. Nie rozpoczęto produkcji napędów sprężynowo-silnikowych, szeroko stosowanych w wyłącznikach niższych napięć (do 30 kV) i nadających się do urządzeń pracujących bez stałego dozoru. Krótki czas przerwy SPZ i bardzo mała moc potrzebna do uruchamiania i zbrojenia takiego napędu umożliwiają stosowanie go w urządzeniach od najmniejszych poczynając i czynią go niemal uniwersalnym.

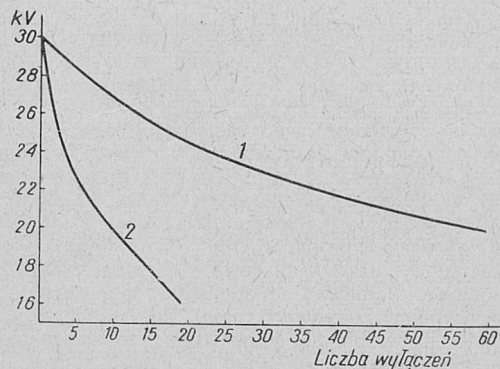
Gosnodarcza potrzeba stosowania SPZ nakazuje rvcble wprowadzenie odpowiednich napędów do planów produkcyjnych przemysłu aparaturowego w Polsce

Do ogólnych kosztów modernizacji wyłącznika olejowego w. n. należą jeszcze koszty prób typu, które wszelako w przypadku wielkiej liczby wyłączników modernizowanych stanowią niewielką część kosztów ogólnych.

Koszt modernizacji wyłącznika olejowego w. n. w stosunku do kosztu odpowiedniego nowego wyłącznika dowolnego typu jest tym większy, im mniejsza jest wartość napięcia znamionowego. Łatwiej jest zmodernizować wyłączniki olejowe na 60 kV i wyższe napięcia, niż wyłączniki o niższym napięciu znamionowym ze względu na odległości izolacyjne i prądy znamionowe. Najtrudniej jest zmodernizować wyłączniki olejowe o napięciach znamionowych 6 i 10 kV, gdyż w nich odległości izolacyjne i droga styku ruchomego są małe.

3. Wyniki i korzyści modernizacji wyłączników olejowych wysokiego napięcia.

Z doświadczenia radzieckiego wynika, że moc włączalna zmodernizowanych wyłączników olejowych w. n. może wzrosnąć 1,5÷2-krotnie, rzadko 3- lub 4-krotnie. Zmodernizowany wyłącznik olejowy w. n. ma mniejszy czas trwania i mniejszą długość łuku niż przed modernizacją. Dla napięć średnich można przez modernizację wyłączników olejowych w. n. osiągnąć czasy trwania łuku 3÷4-krotnie mniejsze, długości zaś łuku blisko 4-krotnie mniejsze. Przy napięciach wysokich wartości te spadają 5÷10-krotnie (doświadczenia radzieckie i amerykańskie).

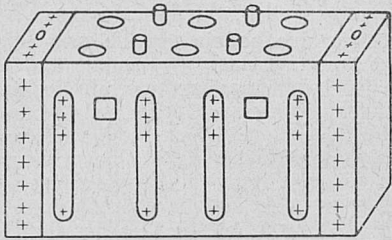


Rys. 1. Wytrzymałość elektryczna oleju w zależności od liczby wyładowań wskutek zakłóceń sieciowych

1 — wyłącznik olejowy z komorą gaszącą 2 — ten sam wyłącznik bez komory

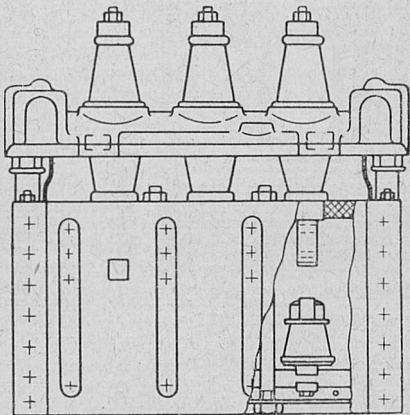
Skrócenie czasu trwania i długości łuku wpływa znacznie na bezpieczeństwo pracy, ponieważ energia wydzielona w łuku maleje, a stąd maleje ciśnienie i istnieje mniejsze prawdopodobieństwo wybuchu wyłącznika (duża wartość ciśnienia może wystą-

pić tylko w samej komorze gaszącej wyłącznika). Skrócenie czasu trwania łuku ma jeszcze tę zaletę, że wytrzymałość elektryczna oleju po wyłączeniu zakłóceń sieciowych spada wolniej niż przy niezmodyfikowanych wyłącznikach. Uwydatnia to się



Rys. 2a. Wspólna komora gasząca typu „oil-blast” dla wyłącznika olejowego na 22 kV

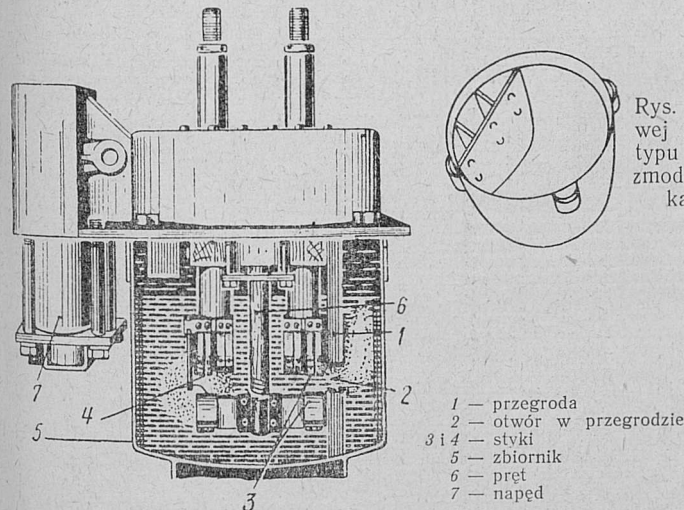
szczególnie przy wyłącznikach olejowych dla napięć wynoszących 100 kV i więcej, dzięki czemu rewizje zmodernizowanych wyłączników olejowych w. n. mogą być mniej częste. Krzywe na rys. 1 podają według Westinghouse’a wyniki badania wyłączników olejowych na napięcie znamionowe 110 kV.



Rys. 2b. Zmodernizowany wyłącznik olejowy na 22 kV z komorą według rys. 2a (widok z przodu)

4. Sposób modernizacji wyłączników olejowych wysokiego napięcia.

Zmodernizowane wyłączniki olejowe w. n. spotyka się w sieciach energetycznych mniej więcej od 20 lat. Są to wyłączniki



Rys. 3a. Zmodernizowany wyłącznik olejowy na 10 kV z wspólną komorą typu „oil-blast” (Afanasjew)

olejowe o wbudowanych komorach gaszących przeważnie typów „oil-blast”, „crossjet” i „dejon”. Szczególnie często jest stosowana radziecka komora gasząca WEI (Wszechzwiązkowy Elektrotechniczny Instytut) ze względu na dobre wyniki, otrzyma-

ne przy modernizacji wyłączników olejowych w. n. Jak widzimy, żeby zwiększyć moc wyłączalną wyłącznika olejowego w. n., należy dobrać i zastosować odpowiednią komorę gaszącą. Przed wyborem komory do wyłącznika olejowego w. n., który ma być zmodernizowany, należy sprawdzić ten wyłącznik na żądane wytrzymałości — cieplną i dynamiczną. Po ewentualnych zmianach konstrukcyjnych, narzuconych przez wyniki sprawdzenia wyłącznika, można przystąpić do wyboru komory gaszącej, która powinna być prosta i tania w wykonaniu i nie powinna wymagać dużych zmian konstrukcyjnych wyłącznika. (Nie należy zmieniać styków wyłącznika przed wyborem komory gaszącej, gdyż komora może wymagać ich ponownej zmiany).

Praktyka ZSRR, gdzie modernizacji wyłączników dokonano 20 lat temu, wskazuje, że w wyłącznikach olejowych w. n. najlepsze wyniki dało zastosowanie komór gaszących, opartych na typie „oil-blast”, choć nie wszystkie wykonania są jednakowo tanie. Tania jest komora gasząca WEI, którą stosowano do wyłączników olejowych na napięcia 35 kV o dwu przerwach na biegun (komora na jedną parę przerw jednego bieguna) oraz do wyłączników na napięcia wyższe niż 35 kV, mających co najmniej cztery przerwy na biegun. W tym ostatnim przypadku komorę umieszcza się na tej parze przerw, która jest połączona szyną łączącą je osobnie, ponieważ druga para ma zapewnić wymaganą izolację. Najtańsza jednak jest komora typu „oil-blast” wspólna dla trzech biegunów wyłącznika; można ją stosować do napięć nie przekraczających 20 kV z uwagi na odległości izolacyjne. Normalnie — przy stosowaniu wspólnej komory dla jednego czy też trzech biegunów wyłącznika — drogi styków ruchomych powiększać nie trzeba, natomiast przy zastosowaniu pojedynczej komory na przerwę powiększenie drogi styków ruchomych może okazać się konieczne. Z wyjątkiem przypadku wspólnej komory dla trzech biegunów zmiana styków jest prawie zawsze konieczna ze względu na konstrukcję komór gaszących.

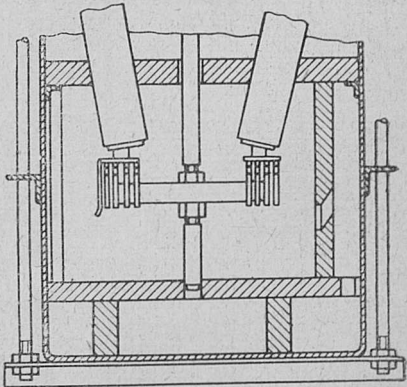
Po dobraniu i wbudowaniu komory należy sprawdzić napęd i w przypadku stwierdzonej potrzeby zmodernizować go lub wymienić. W przypadku zamierzonego skrócenia czasu własnego wyłącznika wymiana napędu jest nieunikniona ze względu na powiększenie prędkości trawersy. Skrócenie czasu własnego może być również osiągnięte przez modernizację wyzwalaczy pierwotnych i wtórnych.

Zmodernizowany wyłącznik powinien być poddany próbie typu.

5. Przykłady zastosowania komór gaszących typów „oil-blast”, WEI, „crossjet” i „dejon”.

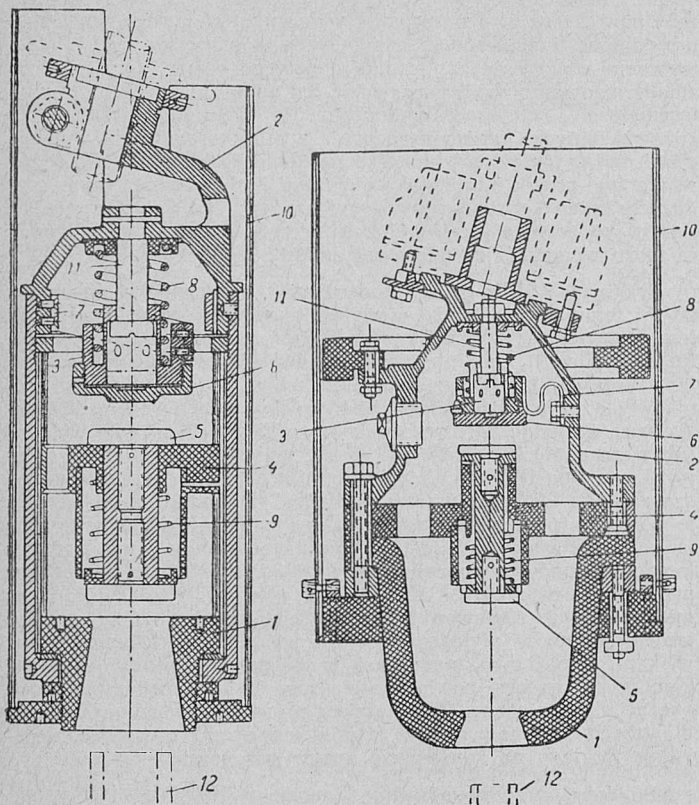
A) Stare wyłączniki olejowe wysokiego napięcia o mocach wyłączalnych od 30 do 150 MVA i napięciach zawartych odpowiednio w granicach od 6 do 35 kV, gdzie wewnętrzne części ruchome stanowią znaczną przeszkodę przy wbudowaniu pojedynczych komór na przerwę, modernizowano za pomocą wspólnej

Rys. 3b. Umieszczenie pionowej ściany wspólnej komory typu „oil-blast” w zbiorniku zmodernizowanego wyłącznika olejowego na 10 kV



Rys. 3c. Zmodernizowany wyłącznik olejowy ze wspólną komorą typu „oil-blast”

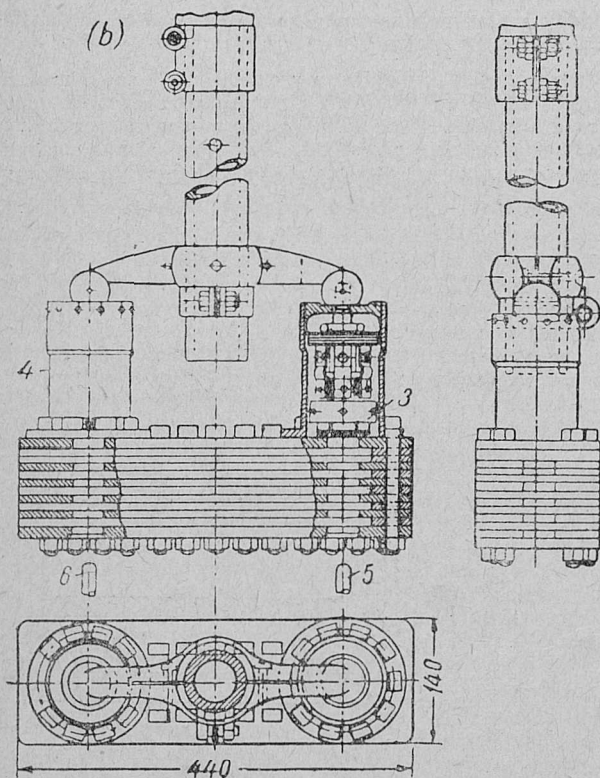
komory dla trzech biegunów. Przykład takiego rozwiązania podany jest na rys. 2a i 2b (opis i działanie ob. niżej w p. B). B) W wyłącznikach nowej konstrukcji wbudowanie dowolnej komory gaszącej nie napotyka poważniejszych trudności.



Rys. 4. Komora gasząca typu „oil-blast” dla wyłącznika olejowego na 35 kV (Afanasjew)

Rys. 5. Komora gasząca typu „oil-blast” dla wyłącznika olejowego na 100 kV (Afanasjew)

- | | | |
|---------------------|----------------------------|----------------------|
| 1 — dysza | 5 — styk dolny | 8 i 9 — sprężyna |
| 2 — podstawa komory | 6 — końcówka styku górnego | 10 — rura izolacyjna |
| 3 — styk górny | 7 — łącze elastyczne | 11 — sworzeń |
| 4 — płytka | | 12 — styk ruchomy |

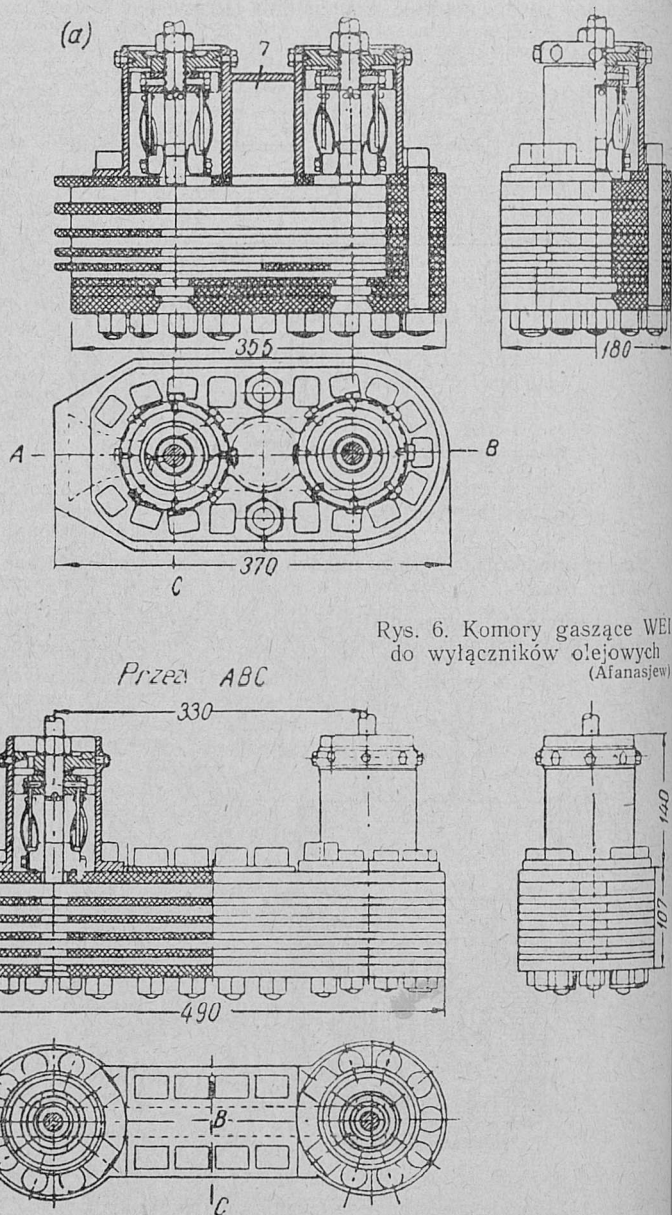


Komora gasząca typu „oil-blast”. Tu należy rozpatrzeć trzy rozwiązania. Pierwszym rozwiązaniem jest wspólna komora na trzy bieguny wyłącznika, drugim — wspólna komora na jeden biegun wyłącznika, trzecim — komora na każdą przerwę wyłącznika. Pierwsze rozwiązanie stosuje się praktycz-

nie do napięć nie przekraczających 15—20 kV. Drugi sposób rozwiązania znajduje zastosowanie najczęściej do napięć 35 kV, rzadko do wyższych. Trzecie rozwiązanie nadaje się do wszystkich napięć, lecz opłaca się dopiero przy napięciach średnich i wyższych.

Pierwsze rozwiązanie podają przykładowo rys. 3a, 3b i 3c. Komora gasząca typu „oil-blast” — wspólna dla trzech biegunów wyłącznika — jest wykonana z materiału izolacyjnego, częściej z bakielitu, rzadko z drzewa. Górna płyta komory winna być umieszczona poniżej poziomu oleju. Pionowa ściana ma trzy okna na przeciw styków wyłącznika, przy czym górne brzegi okien znajdują się na poziomie rozrywu styków, celem wyciągnięcia łuku na zewnątrz komory, co ułatwia gaszenie łuku. Przekrój okna ustalono drogą prób zwarciovych. Powierzchnia zbiornika na przeciw okien jest izolowana. Przestrzeń olejową między oknami zaleca się przedzielać (na zewnątrz komory) za pomocą przegród izolacyjnych, aby uniemożliwić ewentualne połączenie się łuków; rozwiązanie to pokazano na rys. 3b.

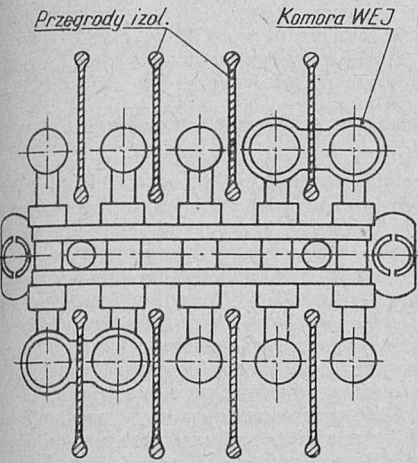
Celem zmniejszenia ciśnienia w komorze na nieruchomym styku oddalonym od okna daje się styk opalinowy dłuższy od styku głównego i przylegający do styku ruchomego, gdy wyłącznik



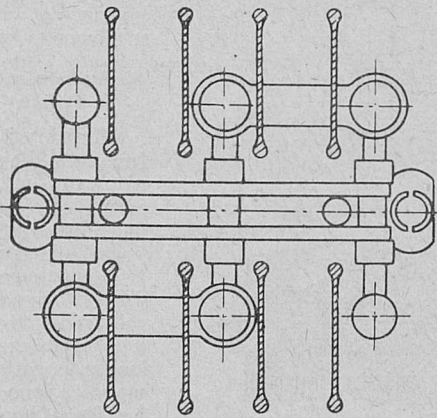
Rys. 6. Komory gaszące WEI do wyłączników olejowych (Afanasjew)

jest w stanie załączonym. Dodanie tego styku opalinowego zmniejsza długość łuku; stąd zmniejsza się energia łuku i w następstwie ciśnienie w komorze. Długość styku opalinowego określa się drogą prób zwarciovych. Wskutek działania ciśnienia na wychodzący z komory sworzeń lub listwy trawersy zmniejsza

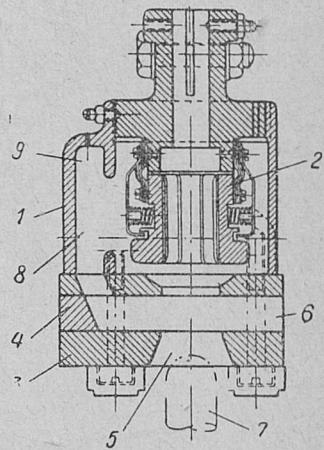
za się prędkość wyłączania; dla uniknięcia tego przewiduje się różne rozwiązania, np. wzmocnienie sprężyn wyłączających lub przedłużenie sworznia albo listwy w dół przez dno komory (rys. 3c). Dno komory winno być wtedy oddalone od dna zbiornika o odległość co najmniej równą odległości styku ruchomego, jeżeli przedłużenie sworznia (listwy) jest wykonane



Rys. 7. Pierwszy sposób modernizacji przy pomocy komór WEI wyłącznika olejowego na 150 kV o 10 przerwach na biegun



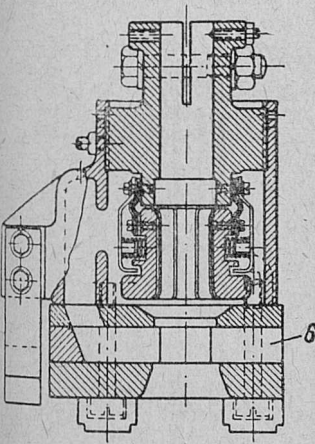
Rys. 8. Drugi sposób modernizacji przy pomocy komór WEI wyłącznika olejowego na 150 kV o 10 przerwach na biegun



Rys. 9. Komora gasząca typu „crossjet” do wyłącznika olejowego na 6 kV i prąd znamionowy 400 A

z materiału izolacyjnego, jak to zwykle bywa. Przebieg gaszenia łuku w tej komorze jest następujący: łuk między stykami oddalonymi od okna wytwarza gazy, które wraz z olejem przecinają i gaszą łuk w pozostałej przerwie stykowej, a wskutek zaniku prądu gaśnie łuk na stykach oddalonych od okna.

Drugie rozwiązanie, polegające na zastosowaniu komory gaszącej typu „oil-blast” wspólnej dla dwu przerw jednego biegunu, spotyka się w praktyce rzadko. Stosuje się je do napięć 35 kV, a bardzo rzadko do 100 kV. Działanie tej komory jest podobne do działania komory gaszącej podanej i opisanej wyżej. Rozwiązanie takie podwyższa izolację międzybiegunową.



Rys. 10. Komora gasząca typu „crossjet” do wyłącznika olejowego na 6 kV i prąd znamionowy 600–1000 A

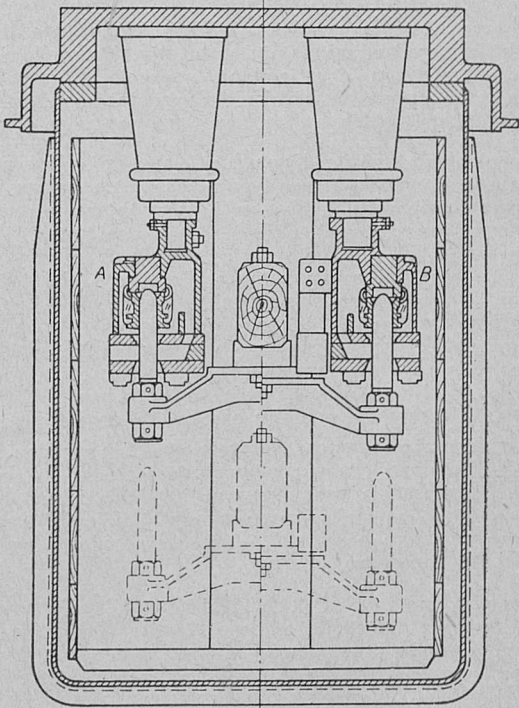
modernizacją lub wymianą napędu, ponieważ przy załączaniu wzrasta siła docisku styków z uwagi na styk „nieruchomy”, który jest umieszczony na sprężynie.

Komora gasząca WEI. Komorę tę, jak już wspomniano, można zastosować do wszystkich wyłączników olejowych wysokiego napięcia. Na rys. 6 przedstawiono komorę WEI dla wyłączników olejowych. Na rys. 7 i 8 podano sposoby modernizacji wyłącznika olejowego 150-kilowoltowego, który miał 10 przerw na biegun. Z rys. 8 widać, że usunięto 4 przerwy; stąd komory gaszące w tym rozwiązaniu są dłuższe od komór gaszących przedstawionych na rys. 7.

Komorę gaszącą WEI można — ze względu na jej wielkość — wbudować w wyłącznik bez powiększania drogi styków ruchomych. Komora ta składa się z płytek z materiału izolacyjnego (najlepiej z fibry) ściągniętych śrubami tekstolitowymi.

Jedne płytki są ze szczelinami, inne bez nich, lecz mają otwory na styk ruchomy. Płytki są ułożone na przemian, przy czym pierwsza i ostatnia nie mogą mieć szczelin. W wyłącznikach do 35 kV liczba płytek ze szczelinami wynosi 2, w wyłącznikach zaś powyżej 35 kV dochodzi do 5. Średnica otworów w płytkach bez szczelin jest co najwyżej o 3 do 4 mm większa od średnicy sty-

ku ruchomego. Styk nieruchomy typu rozetkowego jest zamknięty szczelnie w cylindrze, który jest z kolei przymocowany do komory. Cylinder jest z materiału niemagnetycznego. Wymiary szczeliny winny być dobrane drogą prób. Zazwyczaj pierwsza szczelina od góry ma wysokość (grubość płytki) od 12 do 20 mm, następne zaś od 10 do 15 mm. Szerokość szczeliny

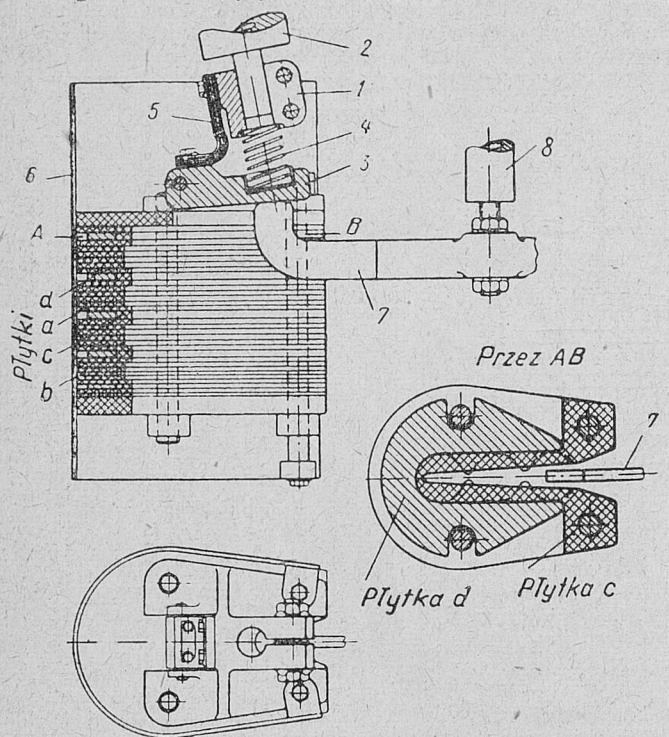


Rys. 11. Zmodernizowany wyłącznik olejowy 6-kilowoltowy z komorami typu „crossjet”

ustala się normalnie od 1 do 2 mm większą od średnicy styku ruchomego. Grubość płytek pozostałych (bez szczelin) oblicza się przy uwzględnieniu ciśnienia w szczelinie, które może wynieść około 30 at.

- 1 — kadłub komory
- 2 — styk rozetkowy
- 3 i 4 — płytki izolacyjne
- 5 — otwór przełotowy dla styku ruchomego
- 6 — kanał poprzeczny
- 7 — styk ruchomy
- 8 — pomieszczenie na olej
- 9 — poduszka powietrzna

Podział komory na szczeliny ma na celu uzyskanie intensywnego gaszenia łuku. Na skutek rozchodzenia się styków wzrasta długość łuku, który przechodząc przez wąskie szczeliny wy-



Rys. 12. Komora gasząca typu „dejon“ do napięcia 35 kV (Afanasjew)

- | | |
|--------------------------|---|
| 1 — uchwyty | 6 — ekran |
| 2 — izolator przepustowy | 7 — styk ruchomy |
| 3 — styk płaski | 8 — ciężko |
| 4 — sprężyna | a, b, c — płytki z materiału izolacyjnego |
| 5 — łącze elastyczne | d — płytka stalowa |

tworzą wciąż nowe, a więc świeże ilości gazów, które wraz ze świeżym olejem działają na łuk znajdujący się u wylotu szczeliny, przez co następuje szybkie gaszenie łuku. Stwierdzono, że łuki o dużych prądach gasną już w pierwszej szczelinie. Druga i dalsze szczeliny mają za zadanie gaszenie łuków o małych prądach oraz utrzymanie ciśnienia w poprzednich szczelinach przez utrudnianie wydobywania się gazów na zewnątrz komory.

Komora gasząca typu „crossjet”. Na rys. 9 i 10 przedstawiono komory gaszące typu „crossjet”, a na rys. 11 zmodernizowany wyłącznik olejowy na 6 kV z komorami tego typu. W komorze typu „crossjet”, jak i w komorze typu „oil-blast”, ciśnienie potrzebne do otrzymania strumienia gazów i oleju osiąga się w górnej części komory. Gazy te i olej idą w dół kanałami i — kierowane bocznymi szczelinami — przecinają i gaszą łuk, przechodząc na zewnątrz komory. Liczba szczelin zależy od napięcia znamionowego wyłącznika. Na ogół w wyłącznikach 6-kilowoltowych wystarczy jedna szczelina, w wyłącznikach zaś 35-kilowoltowych zaleca się dawać już trzy szczeliny. Grubość i szerokość szczelin określa się drogą prób.

Śruby ściągające komorę są metalowe lub z materiału izolacyjnego. Metalowe śruby powinny mieć kołpaki izolacyjne na końcach. Przy prądzie znamionowym 1000 A i więcej równoległe do styków — najczęściej rozetkowych — daje się jeszcze styki szczotkowe, które powinny rozrywać się podczas wyłączania wcześniej niż rozetkowe.

Komora gasząca typu „dejon”. Tę komorę stosuje się w Ameryce dla napięć od 6 do 220 kV. Wyłączniki olejowe o dużym natężeniu prądu znamionowego mają dodatkowe styki nieruchome typu szczotkowego. Rys. 12 i 13 podają przykładowo komorę tego typu i wyłącznik zmodernizowany przy pomocy tych komór.

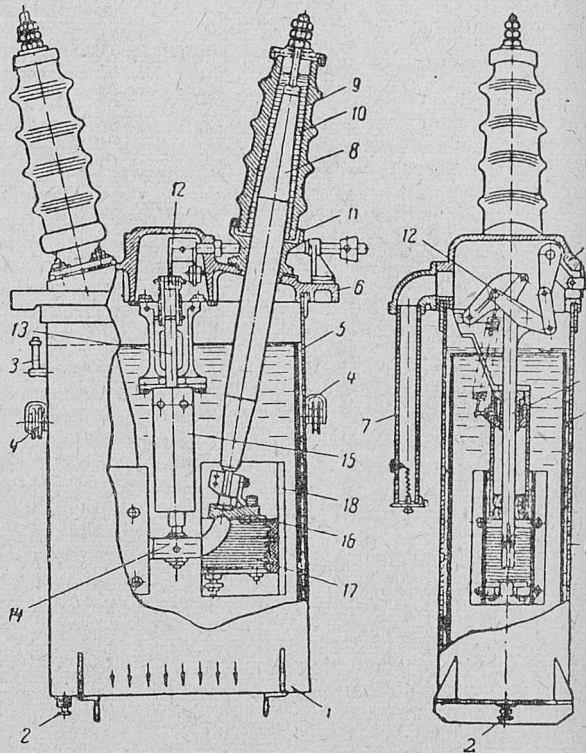
Każda komora zawiera kilka jednakowych kompletów płytek, a każdy komplet jest utworzony z płytki żelaznej w kształcie podkowy (obłożonej z wierzchu, z dołu i wewnątrz płytkami fibrowymi) i z dwu lub czterech płytek fibrowych (liczba płytek zależy od ich grubości). Liczba kompletów w komorze zależy od napięcia wyłącznika, np. dla wyłącznika 35-kilowoltowego wy-

starcza 5 kompletów, które są ściągnięte śrubami z materiału izolacyjnego. Komory mają zaciski służące do umocowania ich na sworzniach przepustów izolatorowych.

Należy zwracać uwagę na czystość płytek, ponieważ opilki żelazne mogą spowodować przebicie płytek izolacyjnych. Często może zająć konieczność zastosowania ekranów wyrównujących rozkład potencjału wzdłuż kątów, obcinania ostrych kątów żelaznych płyt od strony zbiornika i wygotowywania preszpanowanych ekranów w oleju w temperaturze 100°C w ciągu około 2 godzin. Ze względu na stosowane styki (rys. 13) napędzany modulator wyłącznika okaże się prawdopodobnie za słaby.

6. Modernizacja wyłączników olejowych wysokiego napięcia w Polsce.

Ministerstwo Energetyki zleciło Zakładowi Wielkich Moc Instytutu Elektrotechniki opracowanie dokumentacji na zmodernizowanie przestarzałych konstrukcji wyłączników olejowych 6 i 20-kilowoltowych. Zostało to wykonane z końcem 1951 r. Na podstawie tej dokumentacji Ministerstwo poleciło zmodernizować wyłączniki olejowe Siemens lub AEG. Dokonały tego Warsztaty Remontowe w Mikołowie z wyłącznikiem olejowym AEG na 6 kV. Dokumentacja opierała się na zastosowaniu komory gaszącej typu „oil-blast” wspólnej dla trzech biegunów wyłącznika, przy czym zastosowano pokrywę i ścianę przednią komory z bakielitu, pozostałą zaś izolację potraktowano jako wypełnienie komory i z tego względu jako właściwy materiał zastosowano drewno. Poza tym Warsztaty Remontowe w Mikołowie zmodernizowały wyłącznik olejowy AEG na 20 kV, stosując komory na każdą przerwę wyłącznika. Komory tego samego bieguna są połączone rurą i pracują na zasadzie „oil-blast”. Analogiczne komory przewidziano dla wyłącznika olejowego AEG na 6 kV.



Rys. 13. Zmodernizowany wyłącznik olejowy 35-kilowoltowy z komorami typu „dejon” (Baptidnow i Tarasow)

- | | |
|--------------------------------------|-----------------------------|
| 1 — zbiornik | 10 — mieszanka |
| 2 — spust do oleju | 11 — kołnierz izolatora |
| 3 — wskaźnik oleju | 12 — mechanizm napędowy |
| 4 — bloki | 13 — sworzeń ruchomy |
| 5 — okładzina izolująca | 14 — styki ruchome |
| 6 — pokrywa | 15 — kubek bakielitowy |
| 7 — rura wydechowa | 16 — styk nieruchomy |
| 8 — bakielitowy izolator przepustowy | 17 — komora gasząca „dejon” |
| 9 — izolator porcelanowy | 18 — ekran preszpanowany |

Przydatność dokonanej modernizacji będzie sprawdzona w zwarciozni czechosłowackiej jeszcze w bieżącym roku. Wyniki prób będą tematem osobnego referatu, który poda również opis badanych wyłączników.

MGR INŻ. OLENDZKI WITOLD
Centr. Zarz. Elektryfikacji Kolei

Zagadnienie stosowania wyłączników szybkich w kolejowym taborze elektrycznym prądu stałego na 3000 V

621.316.5.024:621.3.064.027.5:621.33

Treść. Rola i zastosowanie wyłączników szybkich w taborze elektrycznym na 3000 V prądu stałego na tle warunków pracy w kolejnictwie. Ogólne wytyczne produkcyjne dla przemysłu.

Применение быстродействующих выключателей в электрическом подвижном составе постоянного тока на 3000 В. Роль и применение быстродействующих выключателей в железнодорожных эксплуатационных условиях. Общие производственные директивы для электротехнической промышленности.

The problem of using quick break circuit-breakers in 3000 V D. C. rolling stock. The role and use of such circuit-breakers in 3000 V D. C. rolling stock as reflected by working conditions prevalent in railway practice. General production outlines for the electrical industry.

Warunki pracy urządzeń elektrycznych w taborze kolejowym są szczególnie niekorzystne ze względu na stałe drgania, wpływ atmosferyczne i obecność kurzu o znacznej nieraz zawartości pyłu żelaznego, pochodzącego ze ścierania się klocków hamulcowych. W przyjętym na kolejach głównych polskich systemie traktacji elektrycznej prądu stałego o napięciu 3000 V elektryczne urządzenia w taborze stanowią zespół aparatów i maszyn wys. i nisk. napięcia, które właśnie pracują w wymienionych trudnych warunkach i podlegają wskutek tego stosunkowo częstym różnym uszkodzeniom, doprowadzającym zwykle do zwarc. Uszkodzenia te powstają tym łatwiej, że ograniczenie ciężaru i szczupłość będącej do dyspozycji przestrzeni nie pozwalają na zastosowanie konstrukcji zapewniającej większe bezpieczeństwo pracy tych urządzeń. Dlatego też zagadnienie właściwego zabezpieczenia przeciwzwarcowego obwodów wysokiego napięcia w taborze elektrycznym odgrywa zasadniczą rolę tym bardziej, że wymagania ruchu kolejowego nie pozwalają na przerwy ruchowe stąd wynikłe. Niezależnie od bezpośrednich skutków zwarc — w postaci uszkodzeń aparatury, maszyn lub nawet trakcyjnej sieci zasilającej — zwarcie musi być jak najszybciej zlokalizowane, a miejsce zwarcia odłączone dla umożliwienia dalszego prowadzenia ruchu.

W normalnych warunkach ruchu mamy do czynienia z dwustronnym zasilaniem poszczególnych odcinków sieci trakcyjnej przez podstacje trakcyjne, przy czym każdy zasilacz zabezpieczony jest wyłącznikiem szybkim, nastawionym na prąd wyzwalania zależny od rodzaju i ilości taboru znajdującego się na danym odcinku. W przypadku powstania zwarcia w sieci prądu zwarcie wyłączone są przy pomocy tych wyłączników. Wartość prądów zwarcowych jest zależna od oporności obwodu zwarcia i mocy podstacji zasilających. W wypadkach niekorzystnych ustalone prądy zwarcia osiągają wartości rzędu 40 — 50 kA, co stanowi poważne i trudne zadanie dla pracy wyłączników szybkich, szczególnie wobec istnienia w obwodzie indukcyjności, utrudniającej gaszenie łuku. Stromość wzrostu prądu zwarcia dochodzi do 100 A/s i zależy od indukcyjności obwodu. Oczywiście, celem zastosowania wyłącznika szybkiego jest ograniczenie wartości prądu zwarcowego dzięki małemu czasowi własnemu pracy wyłącznika i uzyskanie wskutek tego małego stosunkowo czasu całkowitego wyłączenia zwarcia (rzędu 10 — 60 ms zależnie od charakteru zwarcia i nastawienia wyłącznika). Unika się w ten sposób groźnych skutków zwarc.

Wartość i charakter prądów zwarcowych powstałych wskutek zwarc w taborze nie różni się zasadniczo od przebiegu zwarc w sieci trakcyjnej. Mogą w tych przypadkach powstać tylko nieco inne warunki wskutek zwiększonego nieraz oporu czynnego i indukcyjnego obwodu zwarcia, co wynika z włączenia oporności przejściowej między odbierakiem prądu a siecią jezdnią i nieznacznych oporności omowych przewodów. Natomiast w wypadku zwarcia w silnikach trakcyjnych mogą wchodzić w grę duże wartości ich indukcyjności, wynoszące kilkadziesiąt milihenrów na silnik.

Jak już wspomniano, ze względu zarówno na skutki zwarc w postaci zniszczenia sieci, aparatów i maszyn, jak i na konieczność zapewnienia ciągłości ruchu, obwody wysokiego napięcia muszą być odpowiednio zabezpieczone. Dotychczas panowało przekonanie, że jedynym zabezpieczeniem od zwarc może być wyłącznik szybki na podstacji, podczas gdy na taborze wystarczą zabezpieczenia od przeciążeń. Reagowanie wyłącznika szybkiego na każde zwarcie na taborze doprowadza jednak, szczególnie przy gestym ruchu, do częstego wyłączania zasilania sieci trakcyjnej, a więc do przerw w ruchu na danym odcinku sieci. Dlatego też ostatnio czynione są coraz częściej usilo-

wania odłączania uszkodzeń i zwarc na samym taborze, przez co eliminuje się z ruchu w najgorszym wypadku tylko uszkodzoną jednostkę. Zadanie to dotychczas nie zostało jeszcze rozwiązane w stopniu całkowicie zadowalającym ze względu na występujące trudności konstrukcyjne i produkcyjne urządzeń zabezpieczających.

Już samo zabezpieczenie sieci trakcyjnej przy pomocy wyłączników szybkich ustawionych na podstacjach napotyka trudności. Opanowanie zagadnienia odłączania dużych prądów zwarcowych w sieci prądu stałego na 3000 V jest problemem nie rozwiązany jeszcze przez konstruktorów w sposób zadowalający, szczególnie przy większych mocach podstacji. Sprawę tę komplikuje konieczność wysokich nastawien prądowych wyłączników szybkich ze względu na coraz większe moce zainstalowane w taborze i coraz gęstszy ruch. Nastawienie wyłącznika szybkiego na podstacji musi więc być dostosowane do największego występującego obciążenia sieci z uwzględnieniem zwiększonych prądów rozruchu taboru. Wysokie nastawienia prądowe umożliwiają z jednej strony powstawanie większych prądów zwarcia, z drugiej zaś strony utrudniają zabezpieczenie od występujących w niekorzystnych przypadkach ograniczonych zwarc z dużą opornością obwodu, które też muszą być odłączane. Wymaga to zwykle stosowania w wyłącznikach boczników indukcyjnych reagujących na stopień wzrostu prądu, a więc — na zwarcia o dużej stromości prądu, a niewrażliwych na prądy rozruchu, mające znacznie mniejszą stromość. Sprawę tę pogarszają dosyć znaczne moce zainstalowane w urządzeniach do ogrzewania pociągów (ok. 4000 kW na pociąg!). Te trudności i dążenia do zwiększenia pewności ruchu zmuszają do szukania rozwiązania zagadnienia na drodze odłączania zwarc na samym taborze. Konieczna jest przy tym selekcja działania zabezpieczeń tzn. odłączanie zwarc na taborze bez zadziałania wyłącznika szybkiego na podstacji. W przypadku ograniczonej mocy odłączanej urządzenia ochronnego na taborze działanie wyłącznika szybkiego na podstacji powinno nastąpić przy zwarciu przekraczającym tę moc.

W praktyce stosuje się różne rozwiązania tego problemu. Najstarsze polega na przyjęciu zasady przerzucania odłączania zwarc na wyłącznik szybki na podstacji. Tabor ma tylko zabezpieczenie naumiarowe, działające stosunkowo wolno i wobec tego nie reagujące na zwarcia. Dotyczy to obwodu trakcyjnego. Obwód siłnika przetwornicy i ogrzewania zabezpieczony jest w tym przypadku bezpiecznikami w. n. na stosunkowo małe prądy znamionowe, co daje z mniejszym lub z większym powodzeniem selekcję odłączania zwarc w stosunku do liniowego odłącznika szybkiego.

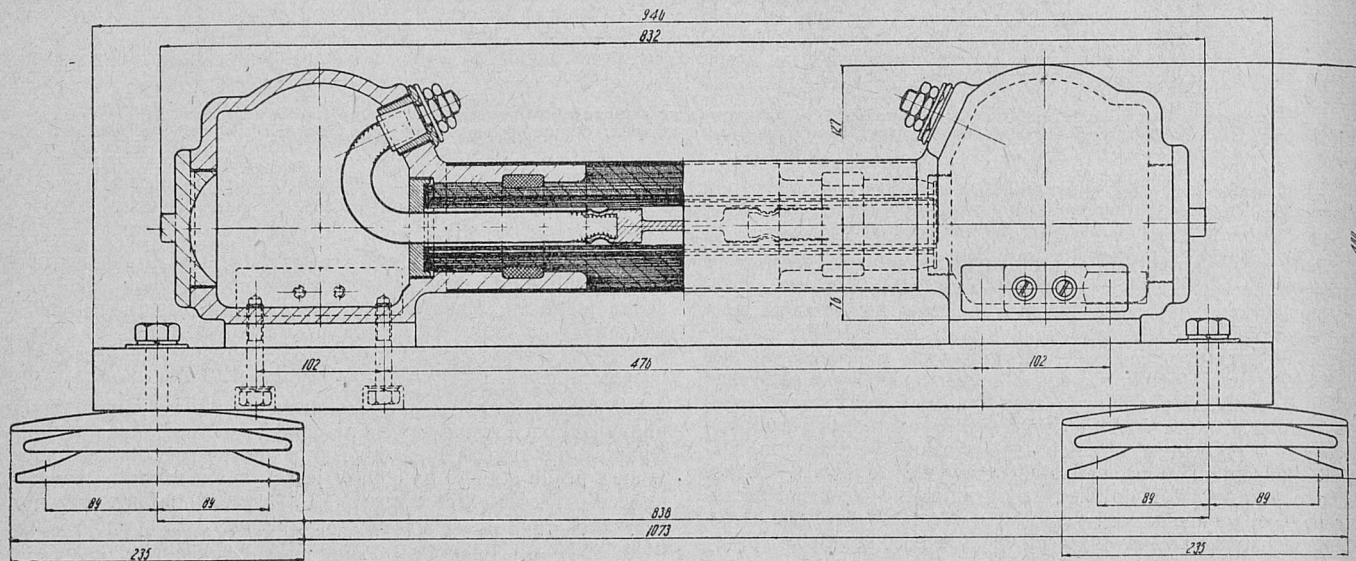
Drugie z typowych rozwiązań polega na ograniczaniu prądu zwarcowego w pierwszej fazie wyłączenia za pomocą wrzucenia w obwód specjalnego opornika, a następnie odłączania zmniejszonego w ten sposób prądu przez jeden lub kilka połączonych w szereg wyłączników lub styczników. Rozwiązanie to jeszcze obecnie stosuje się w zabezpieczeniu wagonów motorowych, gdyż daje stosunkowo małe wymiary aparatów, jednak ze względu na znaczny czas działania powoduje nieraz powstawanie dużych prądów zwarcowych i w rezultacie zadziałanie wyłączników szybkich na podstacjach, a czasem uszkodzenie aparatury na taborze.

Mimo nieopanowania jeszcze techniki produkcyjnej bezpieczników wysokiego napięcia o dużej mocy odłączanej stosuje się również zabezpieczenia taboru za pomocą bezpiecznika głównego, umieszczonego na dachu pojazdu (rys. 1). Powoduje to nieraz eksplozję tego bezpiecznika, szczególnie niebezpieczną w skutkach na terenie kolejowym (na peronach), a poza tym w przypadku przepalenia się wymaga kłopotliwej wymiany lub

stosowania skomplikowanych urządzeń włączających drugi bezpiecznik lub zwierających uszkodzony.

Jednym z ciekawych rozwiązań tego rodzaju jest zastosowanie specjalnego urządzenia, polegającego na włączeniu — równolegle do rozciągniętego w powietrzu długiego drutu topikowego — specjalnego odłącznika, otwierającego się przez zadziałanie specjalnego szybko działającego przekaźnika nadmiarowego.

które typy podstawicznych wyłączników szybkich ustawione na taborze pracowały źle i nie nadawały się w eksploatacji. Zasadniczymi zaletami tego rozwiązania jest duża moc odłączalna, możliwość uzyskania wybiórczości wyłączenia dzięki znacznie niższemu nastawieniu prądowemu w porównaniu z nastawieniem wyłącznika szybkiego podstawicznego, ograniczenie prądów zwarciowych, łatwość ponownego załączenia po zadziałaniu, możli-



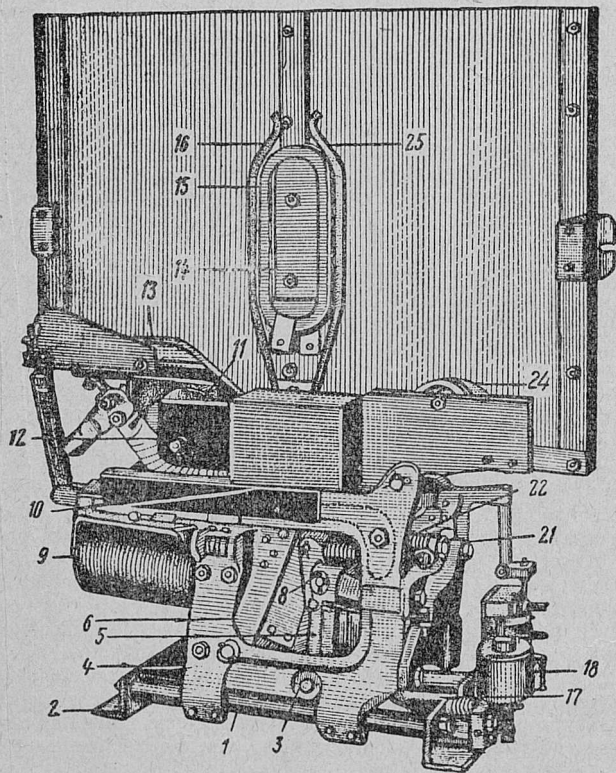
Rys. 1. Główny bezpiecznik topikowy (jedn. serii 92050)

W przypadku zwarcia przekaźnik powoduje otwarcie odłącznika, co z kolei wywołuje przepalenie się drutu topikowego. Puszczony w tym czasie strumień sprężonego powietrza gasi powstały łuk.

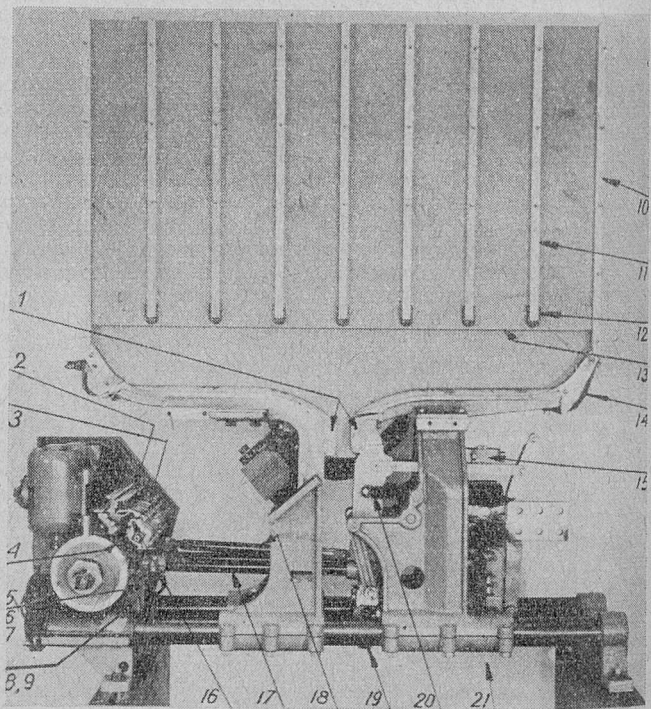
Najbardziej celowym rozwiązaniem jest zastosowanie wyłącznika szybkiego podobnego do używanych na podstawicach. To

wość uzależnienia pracy tego wyłącznika od innych urządzeń zabezpieczających, jak np. przekaźniki nadmiarowe, zanikowe, różnicowe itp.

Zastosowanie wyłączników szybkich na taborze utrudnia ich znaczne wymiary, stosuje się je więc dotychczas wyłącznie na lokomotywach elektrycznych (rys. 2 i 3). W wagonach moto-



Rys. 2. Wyłącznik szybki w lokomotywie elektrycznej WL 22 (Tichmieniew i Trachtman)



Rys. 3. Wyłącznik szybki w lokomotywie elektrycznej typu E150
1 — styki główne 2 — styki pomocnicze 10 — kominek

rozwiązanie rozpowszechnia się obecnie coraz więcej, jakkolwiek są jeszcze trudności w przystosowaniu konstrukcji takiego wyłącznika do warunków pracy na taborze. Były wypadki, że nie-

rowych wobec braku odpowiedniego miejsca stosuje się nieraz wyłączniki szybkie mniejsze wymiarami, lecz działające z pewnym opóźnieniem, pozwalającym — w przypadku rozwinięcia

się prądów zwarcia przekraczających zdolność odłączalną tego wyłącznika — na odłączenie zwarcia przez wyłącznik szybki na podstacji.

Wymagania stawiane wyłącznikowi szybkiemu na taborze nie różnią się w zasadzie — pod względem charakterystyki technicznej — od wymagań, stawianych wyłącznikowi szybkiemu na podstacji poza niższym zakresem regulacji. Pożądana jest duża wybiórczość w odłączaniu zwarć uzależniona zarówno od stromości narastania prądu, jak i od nastawienia prądu wyzwalającego.

Ze względu na wchodzące w grę duże indukcje silników trakcyjnych wyłącznik ten powinien w krótkim czasie bez trudności gasić luk elektryczny, powstały przy odłączaniu zwarcia.

Ważną rzeczą jest wybór typu napędu wyłącznika. Najpraktyczniejsze wydaje się zastosowanie napędu silnikowego ze względu na małe moce potrzebne w takim rozwiązaniu. Napęd elektromagnetyczny wymaga baterii akumulatorowych o stosunkowo dużej pojemności. Możliwe jest również zastosowanie napędu elektropneumatycznego, jakkolwiek wymaga to specjalnego urządzenia do uzyskania sprężonego powietrza przy uruchamianiu lokomotywy. Ze względu na obecność kurzu z zawartością pyłu żelaznego, pochodzącego ze ścierania się klocków hamulcowych, musi być zwrócona specjalna uwaga na izolację części będących pod napięciem.

Najważniejszą jednak sprawą jest takie rozwiązanie konstrukcji wyłącznika, które zapewniłoby odporność na drgania i wstrząsy zarówno pod względem wytrzymałości poszczególnych elementów, jak i poprawności działania, brak możliwości rozregulowania się i stosunkowo małe zużywanie się pracujących elementów. Szczególnie ważne jest zapewnienie dobroci styku części, przez które przepływa prąd, co zwykle zmusza do stosowania dużych nacisków styków roboczych. Należy zwrócić również uwagę na zamocowanie kominka, które w tym wypadku musi być specjalnie pieczolowicie rozwiązane z zapewnieniem jego trwałości.

Ze względu na specjalne wymagania stawiane wyłącznikowi szybkiemu na taborze elektrycznym dotychczasowy kierunek po-

zukiwania odpowiedniego typu wyłącznika szybkiego stacyjnego do pracy w taborze został uznany za niewłaściwy i wobec na ogół niezadowolających wyników takiego rozwiązania skierowano się na drogę przystosowania do tego celu istniejących typów. Zależnie od konstrukcji wyłącznika wzorcowego wprowadza się większe lub mniejsze zmiany. Najwłaściwszym typem wydaje się konstrukcja oparta na działaniu elektromagnetycznym. Nie ma ona szeregu wrażliwych na wstrząsy elementów w postaci zapadek, sprężyn, mechanizmów zamkowych itp. Po tej drodze poszli konstruktorzy radzieccy, osiągając bardzo dobre wyniki eksploatacyjne na budowanych w Związku Radzieckim taborze elektrycznym. Niemniej jednak stosowany na nowych importowanych lokomotywach elektrycznych w Polsce typ wyłącznika, oparty na innej zasadzie, daje również całkiem zadowalające rezultaty.

Wobec przygotowywania się przemysłu krajowego do produkcji wyłączników szybkich typu podstacyjnego należy równolegle przystąpić do pracy nad przystosowaniem wybranego typu w celu zastosowania go do lokomotyw elektrycznych, których produkcja krajowa również jest w opracowaniu. W jednej z wykonywanych obecnie serii lokomotyw dla PKP już przewidziano miejsce na taki wyłącznik, co pozwoli na wypróbowanie prototypu w rzeczywistych warunkach pracy i uzyskanie potrzebnego doświadczenia.

W miarę dalszego rozwoju elektryfikacji sieci kolejowej w Polsce zapotrzebowanie takiego typu wyłącznika będzie coraz większe i już obecnie uzasadnia potrzebę rozwinięcia produkcji krajowej tego aparatu równolegle z produkcją taboru elektrycznego.

Pożądaną jest również skonstruowanie odpowiedniego typu wyłącznika szybkiego, przystosowanego do wagonów motorowych. Typ lokomotywy do tego celu nie jest odpowiedni ze względu na wymiary. Wyłącznik taki — wobec rozpoczęcia już produkcji krajowej taboru jednostkowego, złożonego z wagonów motorowych i doczepnych — jest już pilnie potrzebny, gdyż stosowana obecnie ochrona przeciwwzrwiowa na taborze jednostkowym jest niedostateczna i powoduje poważne nieraz zakłócenia ruchowe, niedopuszczalne w warunkach kolejowych.

MGR INŻ. ZYGMUNT FIGURZYŃSKI

Docent Politechn. Warsz.

Praca i próby wyłączników szybkich 3-kilowoltowych prądu stałego w warunkach eksploatacji kolejowej

621.316.5.027.5.024

Treść. Podane są charakterystyczne cechy zabezpieczenia sieci trakcyjnej i aparatury podstacji za pomocą wyłączników szybkich. Omówiono zagadnienie oceny pracy wyłączników szybkich oraz warunki prób odbiorczych w wytwórniach. Podkreślono konieczność uzupełnienia prób w warunkach fabrycznej próbie i w warunkach eksploatacyjnych i opisano sposoby wykonania oraz wyniki takich prób. Na podstawie wyników prób zwarcowych w urządzeniach trakcji elektrycznej węzła warszawskiego wykazano wpływ mocy zainstalowanej podstacji i pracy równoległej podstacji oraz wpływ urządzeń wygładzających na pracę wyłącznika. Wyszczególniono wymagania w sprawach konstrukcji wyłącznika, układu podstacji oraz sposobu wykonywania prób odbiorczych na wyłącznikach szybkich 3-kilowoltowych.

Работа и испытание быстродействующих выключателей постоянного тока для 3 кв в условиях железнодорожной эксплуатации. Указаны характерные черты защиты тяговой сети и оборудования подстанций при помощи быстродействующих выключателей. Рассмотрены вопросы оценки работы этих выключателей и условия приемочных испытаний на заводе. Подчеркнута необходимость пополнения испытаний на заводской станции испытаниями в эксплуатационных условиях; описаны способы производства таких испытаний и их результаты. На основании результатов испытаний на короткое замыкание в тяговых установках варшавского железнодорожного узла выяснено влияние на работу выключателя мощности, установленной на подстанциях, параллельной работы подстанций, а также выравнивающих устройств. Выдвинуты требования в области конструкции выключателя, схемы подстанций и способа производства приемочных испытаний быстродействующих выключателей для 3 кв.

Work and test of 3-kV D. C. high-speed circuit-breakers in railway practice conditions. Leading characteristics are given of traction network and substation equipment protection by means of high-speed circuit-breakers. The author deals with the problem of determining the efficiency in service of high-speed circuit-breakers and conditions under which they are to be tested at maker works. He emphasises the importance of supplementing works' short circuit laboratory tests by trials to be carried under operating conditions and describes the means whereby such trials can be carried out and results obtained therefrom. The short-circuit test results carried out with such traction equipment in the Warsaw railway sector reveal the influence on the work of such circuit-breakers of the installed capacity and the parallel work of substations, as well as the influence of balancing equipment. Suggestions are advanced as to the conditions with which the design of such circuit-breakers, the substation system and the methods for carrying out acceptance tests on 3-kV D. C. high-speed circuit-breakers have to comply.

1. Wstęp.

Zabezpieczenie sieci trakcyjnej prądu stałego zelektryfikowanych linii kolejowych od zwarć i przetężeń wykonywane jest za pomocą wyłączników szybkich w obwodach zasilania, łączących sieć z podstacjami zasilającymi. Również zespoły przetwórcze podstacji trakcyjnych są zabezpieczone po stronie prądu stałego przez wyłączniki szybkie. W nowoczesnych rozwiązaniach na podstacjach przetwórczych stosuje się przy systemie elektryfikacji kolei prądem stałym o napięciu 3 kV wyłącznie zespoły prostownikowe. W tym przypadku wyłączniki szybkie zainstalowane w połączeniach katody zespołu prostownikowego z szyną zbiorczą dodatknią podstacji służą do ochrony prostownika od skutków zapłonu wstecznego zasilanego od strony szyny zbiorczej przez inne zespoły na tej samej podstacji lub na podstacjach sąsiadujących. Ze względu na zmniejszenie spadków napięcia i strat w sieci prądu stałego jak również dla uzyskania bardziej korzystnego przebiegu obciążenia podstacji trakcyjnych, przy zasilaniu linii kolejowych z reguły przyjęty jest układ pracy równoległej wszystkich podstacji zasilających sieć trak-

cyjną. Poza tym często stosuje się dodatkowe łączenie sieci dwóch torów biegnących obok siebie przy liniach dwutorowych w połowie odległości między podstacjami przez stosowanie tzw. kabin sekcyjnych. Sieć trakcyjna przy kabinie sekcyjnej jest podzielona na odcinki wzajemnie odizolowane i połączone przez zainstalowane w kabinie sekcyjnej wyłączniki szybkie i wspólną szynę zbiorczą.

W ten sposób w normalnych warunkach sieć obu torów jest połączona poprzecznie przy podstacji zasilającej i w połowie odległości między podstacjami przy kabinie sekcyjnej. W przypadku zwarć lub przeciążeń na jednym z odcinków sieci następuje odłączenie obustronne tylko tego odcinka przez zadziałanie wyłączników szybkich na podstacji i w kabinie.

Działanie wyłączników szybkich może być w zależności od potrzeb i konstrukcji wyłącznika spolaryzowane — kierunkowe, albo niespolaryzowane, w każdym jednak przypadku nadmiarowo-prądowe. Wyłączniki mają konstrukcyjnie własne wyzwalanie nadmiarowe, przy czym w zasadzie charakterystyka urządzenia wyzwalającego jest niezależna. Tylko wyłączniki szybkie za-

opatrzone w bocznik magnetyczny, stosowane nieraz w kabinach sekcyjnych i jako wyłączniki zasilaczy, mają wyzwalenie uzależnione od szybkości narastania prądu, a tym samym charakterystykę uzależnioną od indukcyjności obwodu zwarcia.

Pod względem konstrukcyjnym wyłączniki szybkie mogą być podzielone na dwie grupy, a mianowicie na wyłączniki zapadkowe i bezzapadkowe. Do pierwszej grupy należą wyłączniki, których styki w położeniu zamkniętym utrzymywane są za pomocą urządzenia zapadkowego, np. wyłączniki szybkie wytwórni Brown Boveri lub ASEA. W wyłącznikach drugiej grupy styki utrzymywane są w położeniu zamkniętym elektromagnetycznie przez urządzenia z cewką trzymającą, zasilaną stale ze źródła prądu pomocniczego niskiego napięcia. Wyzwalanie w tym typie wyłączników następuje w wyniku osłabienia strumienia cewki trzymającej przez strumień pętli wyzwalającej spowodowany przepływem prądu wyzwalającego. Do tej grupy należą wyłączniki szybkie szeregu wytwórni np. radzieckie WAB, Magrini, GEC, M.V. itd.

Istnieje bardzo wiele rozwiązań konstrukcyjnych wyłączników szybkich dla różnych napięć znamionowych i prądów nawet w ramach typów produkowanych przez jedną wytwórnię. Wszystkie jednak wyłączniki szybkie sklasyfikowane do tej grupy urządzeń łącznikowych powinny odznaczać się konstrukcją układu ruchomego, pozwalającą na uzyskanie bardzo małych wartości czasu własnego przy wyłączeniu prądu. Jako czas własny rozumie się w tym przypadku czas od chwili powstania warunków powodujących wyłączenie, to znaczy od chwili przekroczenia przez narastający prąd obwodu wartości nastawionej na wyzwalacz wyłącznika, do chwili otwarcia styków głównych wyłącznika i powstania łuku. Czas własny powinien w wyłącznikach szybkich wynosić kilka milisekund i w żadnym przypadku nie przekraczać 8—10 ms. Drugim wymaganiem stawianym wyłącznikom szybkim jest energiczne gaszenie łuku, aby łączny czas wyłączenia prądu zawarty był w granicach rzędu dziesiątków milisekund.

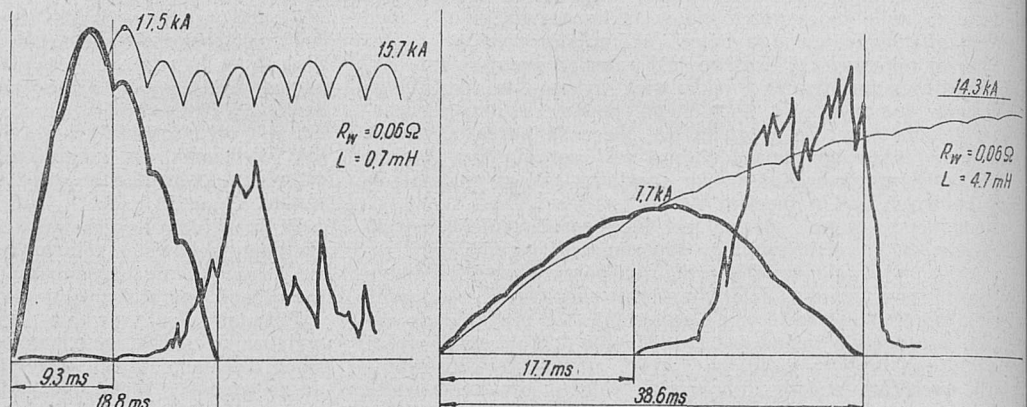
2. Warunki pracy wyłączników szybkich.

Przerwanie prądu zwarcia w bardzo krótkim czasie stanowi dla wyłącznika szybkiego bardzo ciężki warunek dla napięć wysokich prądu stałego stosowanych na zelektryfikowanych liniach kolejowych. Wchodzą przy tym w grę dwa czynniki wynikające z parametrów obwodu zwarcia, a mianowicie wielkości ustalonego prądu zwarcia ograniczona opornością czynną obwodu oraz szybkość narastania tego prądu ograniczona indukcyjnością obwodu. W warunkach eksploatacyjnych zdarzają się zarówno wyłączenia zwarć w odległych punktach sieci, przy czym oporność czynna i indukcyjność obwodu są stosunkowo znaczne, jak i zwarć w bezpośrednim sąsiedztwie podstacji, a w wyjątkowych przypadkach nawet na szynach zbiorczych, gdzie oporność czynna obwodu zewnętrznego jest bardzo mała, indukcyjność zaś praktycznie odpowiada indukcyjności wynikowej diawików katodowych zainstalowanych na podstacji. Ze względów eksploatacyjnych jest sprawą niezwykle ważną, żeby zużycie części wyłącznika szybkiego stykających się bezpośrednio z łukiem, a więc styków głównych, prowadnic łuku i komory łukowej, było możliwie małe zwłaszcza przy wyłączeniu prądów w obwodzie o parametrach odpowiadających zwarcia na średniej odległości między podstacjami. Zwarcia tego rodzaju występują stosunkowo najczęściej w normalnej pracy urządzeń zasilających i dlatego wpływ ich na koszty utrzymania i zużycia urządzeń jest duży.

Wybór właściwych typów i ocena pracy wyłączników szybkich są bardzo trudne z następujących względów. Przemysł krajowy rozpoczyna dopiero produkcję wyłączników 3-kilowoltowych, a więc wszystkie dotychczas czynne wyłączniki szybkie pochodzą z importu i to z kilku różnych wytwórni. Poza przepisami radzieckimi, które nie są jednak całkowicie wyczerpujące, nie ma żadnych przepisów lub norm na wyłączniki szybkie prądu stałego, pozwalających na obiektywną ocenę ich pracy i ustalanie prób. W kraju nie ma zwiarciozni prądu stałego wysokiego napięcia, zwiarcioznie zaś w wytwórniach zagranicznych nie zawsze pozwalają na uzyskanie warunków prób w zakresie koniecznym do wszechstronnej oceny wyłącznika. W tych warunkach próby przeprowadzane przez PKP w ciągu kilku ostatnich lat

na wyłącznikach importowanych kilku typów i różnych wytwórni, zarówno w zwiarciozniach zagranicznych jak i w warunkach eksploatacyjnych, jakkolwiek nie pozwalają jeszcze wysuwać daleko idących wniosków odnośnie konstrukcji wyłączników, dają jednak pogląd na wpływ szeregu czynników ubocznych na pracę wyłącznika.

Wyłączniki szybkie 3-kilowoltowe, zastosowane przed wojną na podstacjach zelektryfikowanego węzła kolejowego warszawskiego, były — jak pozostała zasadnicza część aparatury podstacyjnej — importowane z Anglii. Nie poddawano ich próbom zwiarciowym odbiorczym w wytwórni zagranicznej, gdyż producent nie miał odpowiednich urządzeń. Dopiero po pewnym okresie eksploatacyjnym, który wykazał niedostateczną zdolność wyłączników do przerywania prądu zwarciowego przy



Rys. 1

bliskich podstacji zwarciach na sieci trakcyjnej, wykonano próby zwiarciove na największej wówczas podstacji „Zachodnia”, o mocy zainstalowanej 7,5 MW. Próby potwierdziły zbyt małą moc wyłączalną zainstalowanych wyłączników i w wyniku tych prób dostawcy przekonali komorę łukową wyłącznika. Spowodowało to wyraźną poprawę jego pracy i w ciągu dłuższego kilkoletniego okresu eksploatacyjnego poważniejszych uszkodzeń wyłączników nie było. W związku z trudnościami materiałowymi w okresie okupacyjnym i projektowanym uzupełnieniem wyposażenia podstacji WVK aparaturą niemiecką Centralny Instytut Kolejowy w Monachium wykonywał w 1943 r. w Warszawie próby zwiarciove wyłączników produkcji niemieckiej oraz angielskiej. Próby te odbywały się ze względu na warunki ruchowe na podstacji w Otwocku, która miała stosunkowo niewielką moc zainstalowaną (5 MW) i położona była w znacznej odległości od punktu zasilającego energetyki. Z tych przyczyn moc zwiarciowa podczas prób była poważnie ograniczona.

Podczas odbudowy i rozbudowy zelektryfikowanych linii kolejowych w węźle warszawskim w okresie powojennym zastosowano w podstacjach wyłączniki szybkie produkcji ASEA. W wyniku znacznie szerszej rozbudowanej trasy elektrycznej między podstacjami, a tym samym i warunki zwiarciove, uległy znacznym zmianom w porównaniu z okresem przedwojennym. Centralne podstacje węzła przewidziane zostały o mocy zainstalowanej $4 \times 3 \text{ MW} = 12 \text{ MW}$, podstacje zaś bardziej oddalone o mocy do 9 MW. Moc zainstalowana na podstacjach wzrosła więc blisko dwukrotnie w stosunku do warunków przedwojennych. Spowodowało to konieczność stawiania znacznie wyższych niż przed wojną wymagań co do mocy wyłączalnej wyłączników szybkich instalowanych obecnie. Z obliczenia warunków zwiarciowych sieci prądu stałego wynikało, że dla niekorzystnych przypadków należało liczyć się z wartościami teoretycznymi maksymalnego prądu zwarcia obwodu rzędu 40 kA. Szczególnie niekorzystnie wypadały przy tym warunki zwiarciove dla podstacji centralnych węzła, które mają największą moc zainstalowaną i znajdują się w stosunkowo niedużej odległości od siebie. Należy przy tym podkreślić, że podstacje w węźle warszawskim w normalnym ruchu pracują wszystkie równolegle na sieć 3-kilowoltową prądu stałego, co zresztą jest powszechnie przyjętym układem pracy podstacji na kolejach zelektryfikowanych prądem stałym.

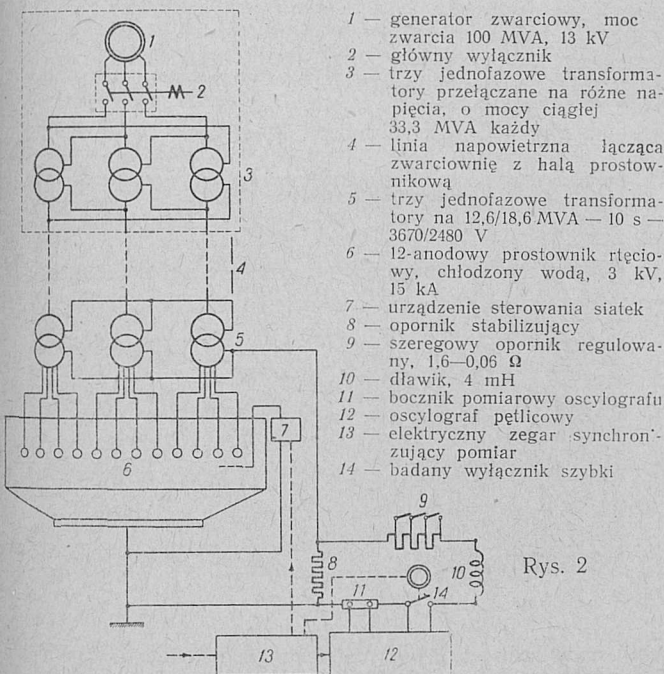
3. Próby wyłączników szybkich.

Próby typu szwedzkich wyłączników były wykonywane początkowo w zwiarciozni producenta w Ludvika. Wobec ujemnych wyników tych prób dla pierwszych prototypów wyłączników próby były kilkakrotnie powtarzane dla różnych wielkości stałych obwodu zwarcia; komisje odbiorcze miały więc możliwość

zgrupowania znacznej ilości oscylogramów ilustrujących pracę wyłącznika w różnych warunkach zwarcia.

Na rys. 1 podane są przykładowo przebiegi prądu wyłączanego oraz napięcia na stykach wyłącznika typu ASMJA wytwórni ASEA przy pracy w obwodzie o małej i o dużej indukcyjności. Na rysunku podano również krzywe narastania prądu zwarcia dla obwodu, w którym pracował wyłącznik, uzyskane na oddzielnych oscylogramach przed wykonaniem właściwej próby zwarcia.

W urządzeniu zwarcia prądu stałego wytwórnia ASEA wykorzystwała podczas tych prób specjalnie zbudowany zawór prostowniczy wieloanodowy ze sterowanymi siatkami, zasilany od generatora zwarcia. Układ połączeń głównej aparatury do prób zwarcia pokazany jest na rys. 2. Wyłącznik badany umieszczony był w obwodzie prądu stałego prostownika o wartościach oporności czynnej i indukcyjności dostosowanych do warunków prób przez dołączanie oporników i dławików. Przy zamkniętych stykach badanego wyłącznika następowało włączenie generatora zwarcia przy zablokowanych napięciem siatkowym anodach prostownika. Odblokowanie siatek umożliwiało przepływ prądu zwarcia w obwodzie prądu stałego i powodowało tym samym wyłączenie badanego wyłącznika. Aparatura zwarcia w Ludwika nie pozwoliła jednak na uzyskanie warunków prób, które odpowiadałyby pod względem wartości prądu ustalonego zwarcia warunkom spodziewanym na podstawie obliczeń na podstacjach centralnych WKK. Możliwe do uzyskania maksymalne wartości prądu ustalonego zwarcia nie przekraczały rzędu 20 kA. W związku z powyższym uznano początkowo, że próby te mogą być miarodajne do oceny wyłączników przeznaczonych dla podstacji o mniejszej mocy, zasilających linie podmiejskie węzła.



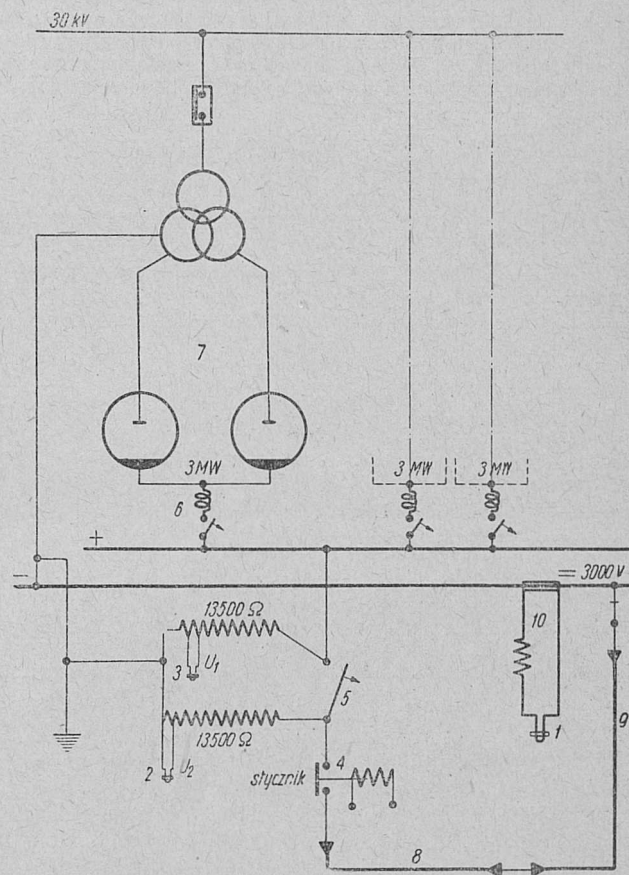
Rys. 2

Drugim czynnikiem, który nasuwał wątpliwości co do dodatkowej oceny wyników prób, był przebieg napięcia wyprostowanego w układzie zastosowanym w zwarcu; przebieg ten miał charakter wyraźnego tętnienia. Średnia wartość napięcia była o $\sim 15\%$ niższa od napięcia przy pracy znamionowej zespołów prostowniczych na podstacjach trakcyjnych. Tętnienia napięcia są uwidocznione na oscylogramie prądu zwarcia (rys. 1) w postaci tętnienia prądu zwarcia. Obserwacja pracy wyłącznika podczas wyłączania zwarcia przy próbach w wytwórni wykazywała znacznie trudniejsze gaszenie łuku przy pracy w obwodzie o dużej indukcyjności w porównaniu z pracą w obwodzie o małej indukcyjności.

Wzrost indukcyjności obwodu zwarcia powodował zwiększenie całkowitego czasu wyłączania oraz czasu własnego, jednocześnie zaś wzrastało napięcie na stykach wyłącznika powstające w okresie gaszenia łuku. Widoczne to jest również na oscylogramach rys. 1, jakkolwiek przy większych wartościach indukcyjności obwodu uzyskiwano bardziej charakterystyczne pod tym względem wyniki.

Krótki stosunkowo okres eksploatacji wyłączników typu ASMJA, które przeszły zadowalająco próby w zwarcu w Ludwiku, wykazał, że ich moc wyłączalna nie jest wystarczająca

również dla warunków istniejących na podstacjach peryferyjnych. Przy zwarcach bliskich podstacji zachodziły wypadki niewyłączenia prądu przez wyłącznik szybki i zwarcia były likwidowane przez wyłączniki małoolejowe po stronie prądu zmiennego zespołów prostowniczych na podstacjach. Jednocześnie wskutek długiego stosunkowo czasu trwania łuku na stykach wyłącznika szybkiego, rzędu 200–300 ms, komora łukowa wyłącznika ulegała poważnym uszkodzeniom, a zdarzały się również wypadki przerzutów łuku na części uziemione oraz zwarcie w celkach zasilaczy 3-kilowoltowych. Wobec powyższego w celu zbadania pracy wyłączników w warunkach eksploatacyjnych zorganizowano przy udziale Zakładu Trakcji Instytutu Elektrotechniki w Warszawie próby zwarcia na podstacjach trakcyjnych.



Rys. 3

- | | |
|---|--|
| 1 — petla oscylografu do zapisu prądu | 7 — zespół prostowniczy, 3 kV, 3 MW |
| 2, 3 — petle oscylografu do zapisu napięcia | 8 — kabel zasilacza, 3 kV, 300 mm², Cu |
| 4 — stycznik | 9 — kable powrotne, 1800 mm², Cu |
| 5 — badany wyłącznik szybki | 10 — bocznik minusowej szyny podstacji |
| 6 — dławik katodowy, 4 mH | |

4. Organizacja prób zwarcia w warunkach eksploatacyjnych.

Organizacja powyższych prób nastęrczała poważne trudności i wymagała przystosowywania urządzeń podstacyjnych oraz wypróbowania szeregu układów pomiarowych dla uzyskania najdogodniejszych warunków prób. Wobec założenia podstawowego, że podczas prób zwarcia wyłącznik badany nie będzie włączony na zwarcie, co stwarzałoby znacznie cięższe warunki jego pracy, należało w obwodzie zwarcia zastosować dodatkowy stycznik, który zamykałby obwód zwarcia przy wyłączniku badanym w stanie zamkniętym.

Za stycznik użyto odremontowanego wyłącznika olejowego na 35 kV polskiej produkcji przedwojennej (S. Kleiman). Bieguny wyłącznika połączono równolegle, napęd zaś silnikowy włączono w obwód synchronizującego wyłącznika niskiego napięcia, który powodował jednocześnie zamknięcie styków wyłącznika olejowego i uruchomienie taśmy oscylografu pętlicowego.

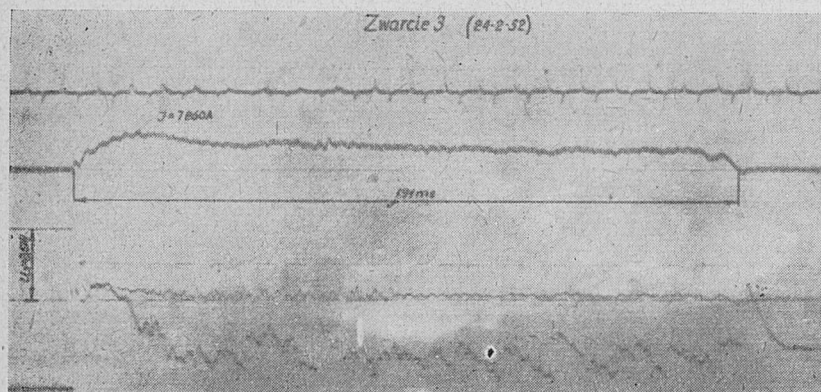
Pierwotnie zastosowano układ pomiarowy przedstawiony schematycznie na rys. 3. Pomiar prądów w obwodzie zwarcia wykonywany był pętla oscylografu 1 włączoną na bocznik minusowej szyny podstacji, względnie na specjalny dodatkowy bocznik w obwodzie zwarcia. Pętla 2 i 3 rejestrowały napięcie względem ziemi styków na wyłączniku badanym. Różnica tych napięć po otwarciu styków wyłącznika wskazywała wartość na-

pięcia między stykami wyłącznika w okresie gaszenia łuku. Jako obwód zwarcia dla zwarć o małym oporze czynnym wybierano na podstacji trakcyjnej jeden z krótszych kabli zasilacza oraz kable powrotne. Na okres prób odłączano kabel zasilacza od sieci jezdnej i łączono prowizorycznie z szynami jezdny, jednocześnie zaś w celu zasilacza na podstacji demontowano połączenie od wyłącznika szybkiego do głowicy kabla zasilacza i wyłączano prowizoryczne połączenia od stycznika ustawionego w bezpośrednim sąsiedztwie celki.

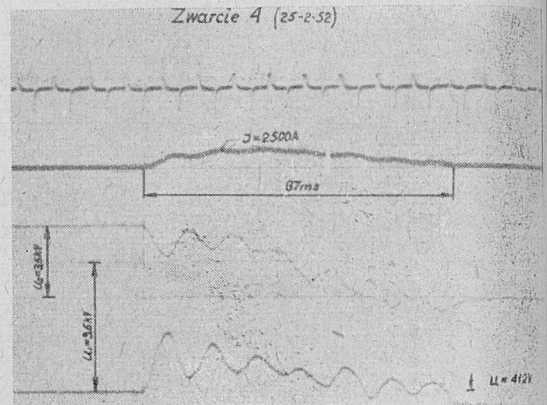
Powyższe prace oraz zmontowanie właściwego układu pomiarowego z oscylografem petlicowym możliwe były do wykonania dopiero po wyłączeniu z ruchu podstacji i sieci na odcinku zasilanym normalnie przez próbowany wyłącznik. Również przed podjęciem ponownym ruchu elektrycznych pociągów na danym odcinku sieci konieczne było zdemonstrowanie układu probierczego i przywrócenie normalnego układu połączeń. Przerwy w ruchu podstacji trakcyjnych WWK — nawet przy specjalnej organizacji zasilania w związku z próbami — są krótkie rzędu 2 1/2 do

plywu prądów zwarciovych i przepięcia powstające przy ich wyłączaniu, wykonywanie prób w układzie powyżej opisanym związane było z ryzykiem zakłóceń ruchowych i musiało być ograniczane do najniezbędniejszych pomiarów. Jednocześnie przy bardzo ograniczonym czasie, a tym samym ograniczonej liczbie prób, konieczna była sprawna organizacja zarówno do wykonania właściwych prób, jak i do robót konserwacyjnych związanych ze szczegółowym przeglądem urządzeń sieci i podstacji, które wchodziły w skład obwodu zwarciovego.

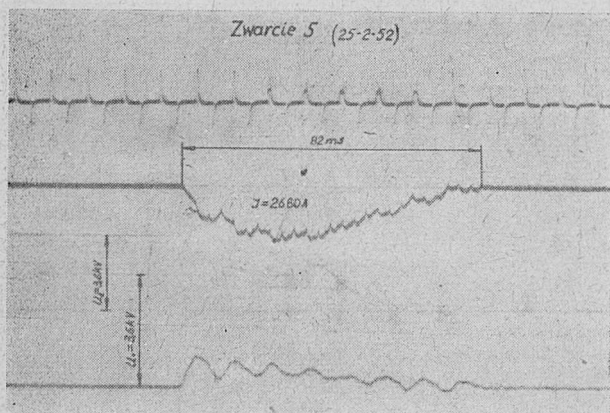
Oscylogramy prób wykonywanych w opisany wyżej sposób dla wyłącznika ASMJA podane są na rys. 4, 5, 6 i 7. Zwarcie którego oscylogram podany jest na rys. 4, wykonano w pobliżu podstacji na kablu zasilacza o przekroju 300 mm² Cu i długości około 300 m przy jednym czynnym zespole prostowniczym o mocy 3 MW. Wyłącznik dopuścił do rozwinienia się prądu zwarcia do wartości 7860 A, niewiele niższej od największej ustalonej dla tych warunków, następnie ograniczył wartość prądu, lecz nie przerwał go. Wyłączenie nastąpiło przez zadziałanie zabezpie-



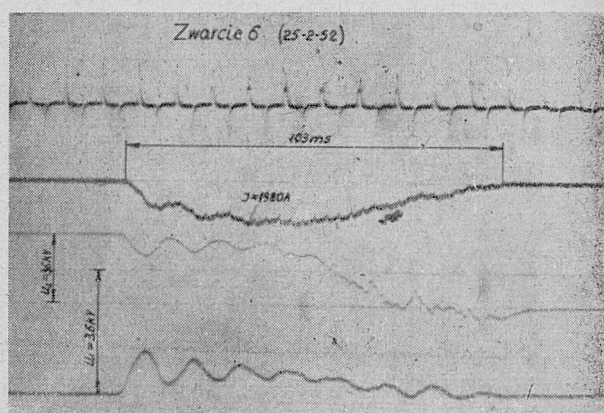
Rys. 4



Rys. 5



Rys. 6



Rys. 7

3 godzin. Uwzględniając czas potrzebny na zmontowanie i usunięcie układu do prób zwarciovych, czas pozostały do dyspozycji na wykonanie właściwych pomiarów był bardzo krótki. Układ połączeń dla zwarć o większych wartościach oporności czynnej i indukcyjności w obwodzie zwarcia był w zasadzie wykonany identycznie z tą różnicą, że kabel zasilacza nie był odłączony od sieci, lecz sieć jezdna była zwarta prowizorycznie z szynami jezdny w odpowiedniej odległości od podstacji trakcyjnej.

Stopniowanie mocy zwarciovych wykonywane było przez włączanie równolegle na szyny zbiorcze odpowiedniej liczby zespołów prostownikowych. Dla podstacji centralnej stwarzało to możliwość wprowadzania do obwodu zwarcia mocy zespołów od 3 MW do 12 MW, stopniowanej co 3 MW. Jednocześnie ze wzrostem wartości ustalonej prądu zwarcia, w miarę powiększania liczby prostowników, pracujących równolegle na zwarcie, malała wartość indukcyjności wprowadzonej do obwodu przez dławiki katodowe. Dla jednego zespołu indukcyjność dławika katodowego wynosiła 4 mH.

Uwzględniając duże wymagania co do regularności i pewności ruchu podmiejskiej trakcji elektrycznej WWK, która stanowi podstawowy środek transportu masowego ludzi pracy dojeżdżających do Warszawy z okolic podmiejskich, oraz narażanie wyposażenia podstacji i sieci trakcyjnej na skutki cieplne prze-

czeń nadmiarowych i wyłącznika prądu zmiennego zespołu prostownikowego po czasie 191 ms. Badany wyłącznik uległ poważnym uszkodzeniom, zwłaszcza komory łukowej. Indukcyjność obwodu zwarcia była w tym przypadku podyktowana zasadniczo indukcyjnością dławika katodowego zespołu prostownikowego i wynosiła około 4 mH.

Wynosiła pokazane na oscylogramach rys. 5 i 6 wykonano w odległości 12 km od podstacji tak, że w obwodzie zwarciovym znajdował się odcinek sieci o oporności czynnej około 0,9 oma i indukcyjności rzędu 12 mH. Zwarcie z rys. 5, wyłączone prawidłowo przez wyłącznik, zasilane było przez jeden zespół prostownikowy o mocy 3 MW, zwarcie zaś z rys. 6 — przez dwa równolegle pracujące zespoły o mocy 2×3 = 6 MW.

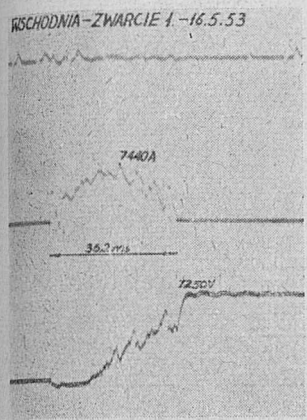
Oscylogram na rys. 7 zdjęto przy zwarciu odległym od podstacji o ~ 19 km i zasilanym przez jeden zespół prostownikowy na 3 MW. Wyłączenie było prawidłowe, jakkolwiek całkowity czas działania, jak i na oscylogramach z rys. 5 i 6, był bardzo długi.

5. Ocena wyników prób eksploatacyjnych.

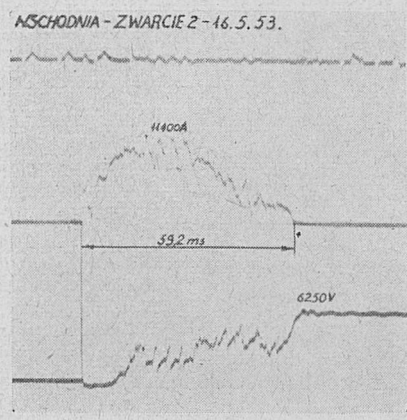
Powyższe próby zwarciovych i szereg dalszych pozwoliły na wyciągnięcie wniosków zarówno co do przydatności wyłącznika badanego, jak i co do miarodajności wyników prób wykonywanych w zwarciozni producenta.

Z porównania oscylogramów na rys. 1 i 4 widać, że w zwarciowni były odłączane prawidłowo zwarcia w obwodzie o samoindukcji 4,7 mH, większej niż dla przypadku z rys. 4 oraz o większych wartościach ustalonego prądu zwarcia. Jednocześnie zmniejszenie indukcyjności do 0,7 mH dawało bardzo ładne wyłączenia o ogólnym czasie poniżej 20 ms przy prądzie ustalonym dochodzącym do 18 kA. Natomiast w warunkach eksploatacyjnych wyłącznik zawodził całkowicie i nie nadawał się zupełnie do

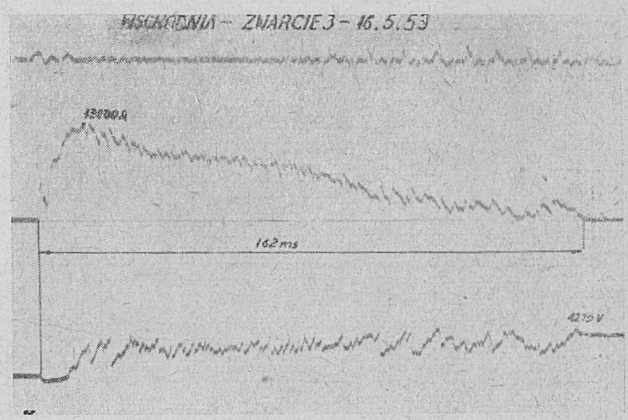
organizowania długiego szeregu prób zwarciowych z kilkoma typami wyłączników wyprodukowanych zarówno przez ASEA, jak i przez inne firmy europejskie. W celu ułatwienia tych prób oraz dla zmniejszenia ryzyka zakłóceń ruchowych, które mogłyby powstać przy ewentualnych uszkodzeniach kabli lub części aparatury, zdecydowano się wykonać na podstacji centralnej pewne inwestycje przystosowujące jej urządzenia do wykonywania zwarć. Ze względu na stwierdzone zasadnicze znaczenie wyni-



Rys. 8



Rys. 9

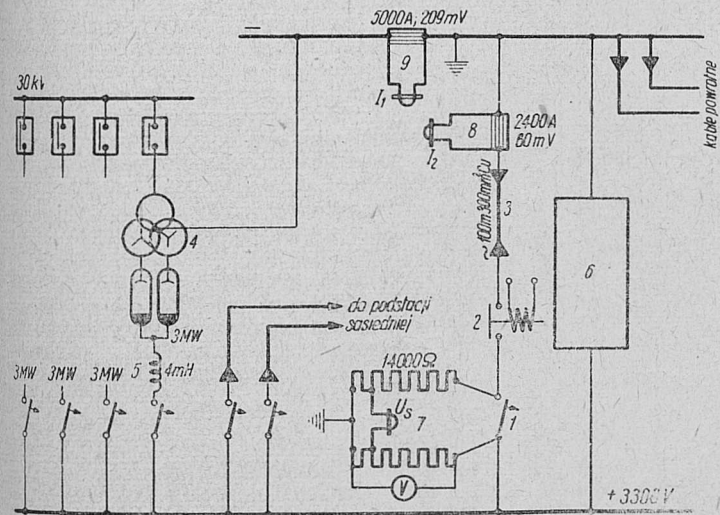


Rys. 10

pracy nawet na podstacjach o małej mocy zainstalowanej. Jednocześnie wyłączanie zwarć odległych, przy których mimo znacznego wzrostu indukcyjności, wzrost oporu czynnego ogranicza wielkość ustalonego prądu zwarcia, było możliwe i stanowiło dla wyłącznika warunki pracy znacznie lepsze niż wyłączanie zwarć bliskich.

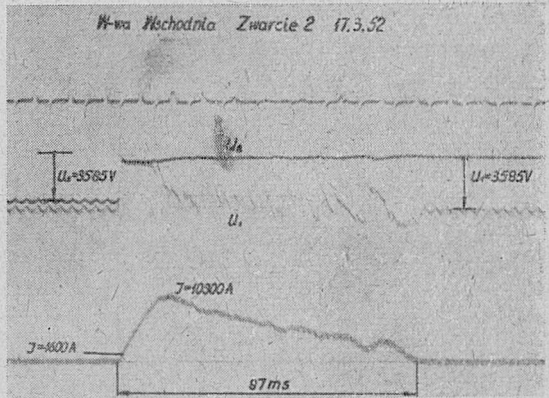
ków prób zwarć o małym oporze czynnym obwodu (zwarcie bliskich) i drugorzędny wpływ dużych indukcyjności, które w warunkach eksploatacyjnych występują zawsze jednocześnie ze zwiększeniem oporności czynnej, zrezygnowano ze skomplikowanego

Wpływ liczby zespołów pracujących równolegle na warunki wyłączania jest zupełnie wyraźny nawet przy zwarciach od-

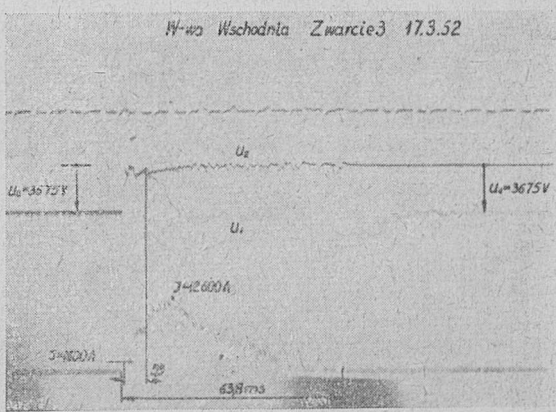


Rys. 11

- 1 - badany wyłącznik szybki
- 2 - stycznik
- 3 - kabel zwarciovv, ok. 100 m, 300 mm², Cu
- 4 - zespół prostownikowy, 3 kV, 3 MW
- 5 - dławik katodowy
- 6 - urządzenie wglądające
- 7 - układ pomiaru napięcia na stykach
- 8 - pętla prądowa zapisująca całkowity prąd zwarciovv
- 9 - pętla prądowa zapisująca prąd zwarcia zespołów prostownikowych



Rys. 12



Rys. 13

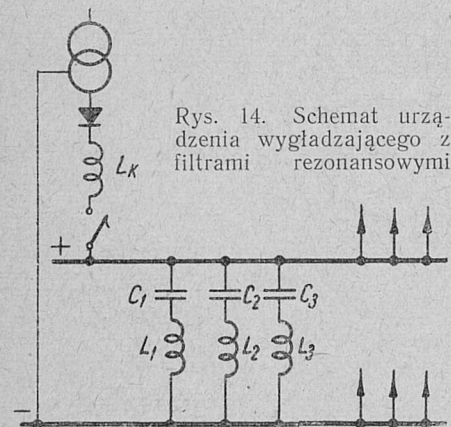
ległych. Szczególnie wyraźnie wystąpił on jednak na oscylogramach zwarć bliskich, wykonywanych w okresie późniejszym dla dalszych typów wyłączników szybkich produkcji ASEA. Na rys. 8, 9 i 10 podane są oscylogramy wyłączenia bliskiego zwarcia o stałej oporności czynnej zewnętrznego obwodu przy zasilaniu przez jeden, dwa i trzy zespoły prostownikowe. Jak widać, zarówno największa wartość prądu wyłączonego, jak i całkowity czas wyłączenia silnie wzrastają przy powiększaniu liczby zespołów zasilających. Ten sam wyłącznik zawodził i nie wyłączył zwarcia przy włączaniu do pracy równoległej czwartego zespołu.

układu, który pozwalałby zmieniać oporności czynne i indukcyjność obwodu zewnętrznego. Na podstacji ułożono dodatkowy kabel zwarciovv o przekroju 300 mm² Cu i długości około 100 m, łączący wolną cewkę zasilacza 3-kilowoltowego z szyną zbiorczą ujemną podstacji. W celu umieszczenia badanego wyłącznika szybkiego, stycznika zaś zamykającego obwód zwarcia ustawiono obok celki i włączono między głowicę kabla zwarciovv i wyłącznikiem badanym. Schemat obwodów głównych takiego układu pokazany jest na rys. 11. Powyższa zmiana układu pozwoliła na użytkowa-

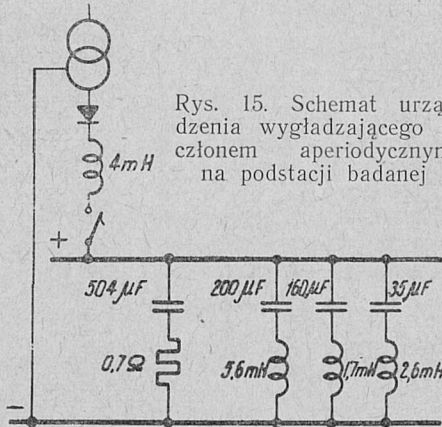
Kończąc opieranie oceny wyłączników na próbach wykonywanych w warunkach eksploatacyjnych zmusiła PKP do zor-

nie praktycznie całkowitego czasu wyłączania z ruchu podstacji do celów prób zwarciovych i eliminowała z obwodu zwarcia kable zasilaczy, zmniejszając w ten sposób ryzyko zakłóceń ruchowych.

Szereg prób zwarciovych wykonywanych następnie z różnymi typami wyłączników w takim układzie pozwolił na ustalenie wpływu różnych czynników ubocznych na pracę wyłącznika podczas wyłączania zwarcia.



Rys. 14. Schemat urządzenia wygładzającego z filtrami rezonansowymi



Rys. 15. Schemat urządzenia wygładzającego z członem aperiodycznym na podstacji badanej

6. Wpływ mocy zainstalowanej na podstacjach na pracę wyłącznika.

Zasadnicze znaczenie liczby zespołów prostownikowych pracujących równolegle na zwarcie na podstacji, na której wykonywana jest próba, zostało potwierdzone we wszystkich dalszych próbach. Natomiast wpływ zasilania zwarcia przez zespoły włą-

istnienie stosunkowo wysokiego napięcia na szynach zbiorczych podstacji, na których wykonuje się zwarcie, w okresie ograniczenia prądu przez wyłącznik badany i palenia się łuku w komorze łukowej.

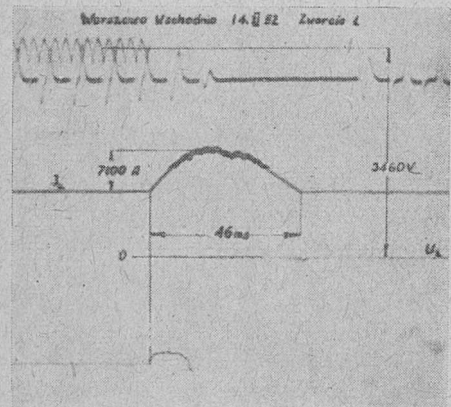
7. Wpływ urządzenia wygładzającego na pracę wyłącznika.

Następnym czynnikiem wpływającym bardzo silnie na pracę wyłączników szybkich, który ustalono podczas prób, był wpływ urządzenia wygładzającego podstacji trakcyjnej. W celu ograniczenia tętnień napięcia wyprostowanego, które przy stosowanym na podstacjach WVK sześciofazowym układzie prostowniczym jest znaczne, oraz wyeliminowania wpływu zakłócającego sieci trakcyjnej na linie teletechniczne, na podstacjach włączone są między szyną dodatnią i ujemną urządzenia wygładzające.

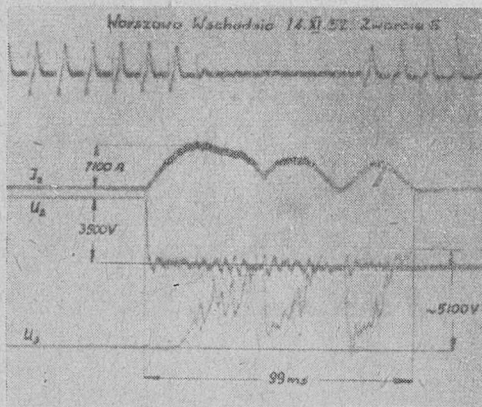
Urządzenia te mogą być budowane w zasadzie dwóch rodzajów: jako filtry rezonansowe lub jako filtry aperiodyczne, względnie jako urządzenie kombinowane zawierające zarówno filtry rezonansowe jak i człon aperiodyczny. Urządzenie wygładzające z filtrami rezonansowymi (rys. 14) składa się z kilku obwodów, złożonych z kondensatorów i dławików bocznikujących obwód prostowniczy z dławikami poszczególnych obwodów dostrojone są do rezonansu dla zasadniczych częstotliwości wyższych harmonicznych, występujących w danym układzie prostowniczym i powodujących największe zakłócenia. Dla układu sześciofazowego zazwyczaj ograniczamy się do filtrów o częstotliwości 300, 600, 900 i 1200 Hz.

W urządzeniu aperiodycznym między szyną dodatnią i ujemną włączony jest kondensator o dużej pojemności, który łącznie z indukcyjnością dławika katodowego stanowi dla wyższych harmonicznych po stronie prądu stałego obwód o zmiennej oporności zależnej od częstotliwości danej harmonicznej. Urządzenia z filtrami rezonansowymi mają kondensatory o stosunkowo niedużej pojemności — rzędu kilkunastu lub kilkudziesięciu μF — i są tańsze od aperiodycznych, które dla osiągnięcia tego samego skutku wygładzającego muszą mieć pojemność kondensatorów rzędu setek μF . Jednak przy wahającej się częstotliwości napięcia zasilającego podstację, skuteczność działania urządzeń aperiodycznych jest znacznie większa niż rezonansowych i z tego względu celowe jest ich stosowanie.

Na podstacjach Węzła Warszawskiego zastosowane jest urządzenie wygładzające typu kombinowanego (rys. 15). Składa się ono z kilku obwodów rezonansowych oraz członu aperiodycznego, przy czym dla podstacji centralnych pojemność i kondensatorów tego członu jest rzędu 500 μF , łączna zaś pojemność kondensatorów urządzenia wygładzającego przekracza 700 μF .



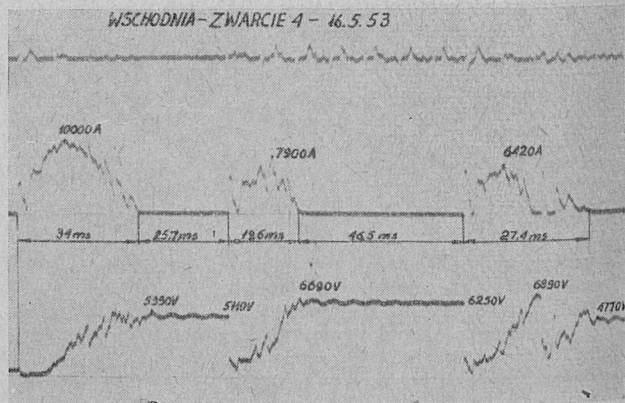
Rys. 16



Rys. 17

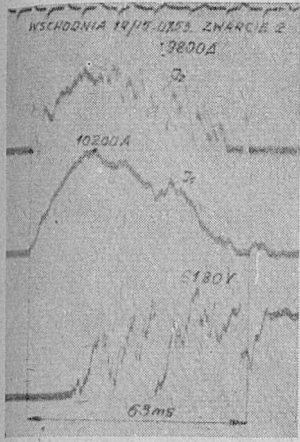
czono do pracy na podstacji sąsiedniej współpracującej równolegle przez sieć trakcyjną z podstacją, na której odbywały się próby, okazał się stosunkowo nieznaczny. Na rys. 12 i 13 podane są oscylogramy wyłączania zwarcia przez wyłącznik szybki ASEA typu ASMJC w warunkach zasilania z jednej i z dwóch podstacji. Przy zwarcu z rys. 12 czynne były na podstacji, na której znajdował się wyłącznik badany, dwa zespoły prostownikowe (6 MW). Zwarcie na oscylogramie rys. 13 zasilane było dodatkowo dzięki współpracy sąsiedniej podstacji, znajdującej się w odległości około 9 km, przez sieć trakcyjną o łącznym średnim przekroju dla sieci górnej 500 mm² Cu i sieci powrotnej około 5000 mm² Cu. Na podstacji tej pracowały podczas próby trzy zespoły prostownikowe o mocy łącznej 9 MW.

Jak widać z porównania oscylogramów, zwiększenie ogólnej mocy zasilającej obwód zwarciovych z 6 MW do 15 MW spowodowało wzrost największego prądu wyłączanego tylko o 1700 A. Oba wyłączenia można było zakwalifikować jako poprawne, czas zaś ogólny w drugim przypadku był nawet krótszy o 23 ms od pierwszego. Natomiast próby wykonane z tym samym wyłącznikiem przy dodaniu jeszcze jednego zespołu na podstacji, na której wykonywano zwarcie, tak że moc wynosiła 9 + 9 = 18 MW, spowodowały wzrost prądu wyłączanego o dalsze 4 kA i niewyłączenie zwarcia przez wyłącznik. Wyniki powyższe nie pokrywają się z obliczeniami teoretycznymi prądów zwarcia zasilanego z kilku podstacji pracujących równolegle. Prawdopodobnym powodem tak znacznych rozbieżności jest

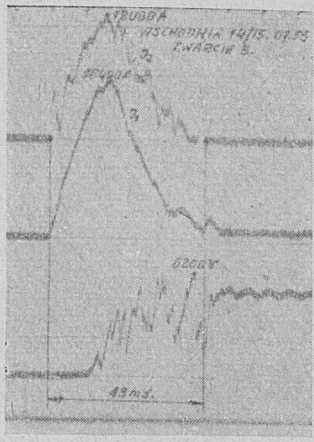


Rys. 18

Podczas zwarcia na sieci, względnie w bezpośrednim sąsiedztwie podstacji, następuje przy włączonym urządzeniu wyglądającym w pierwszym okresie wyładowanie baterii kondensatorów. Powoduje to bardzo szybkie narastanie prądu zwarcia, co uwidacznia się na oscylogramach w postaci bardzo stromej ostrza w początkowej części przebiegu prądowego (rys. 8, 9, 10). W następnym okresie następują oscylacje prądu w obwodzie zwarcia, powodowane okresowym ładowaniem i wyładowaniem kondensatorów. W wyniku tego przebieg krzywej prądu-



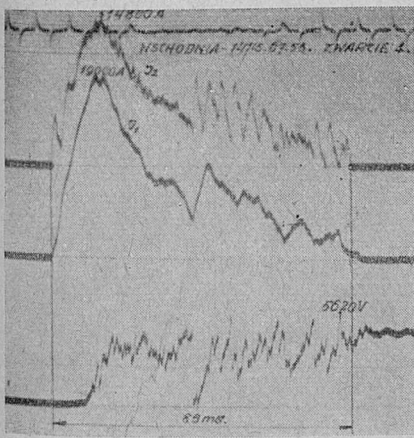
Rys. 19



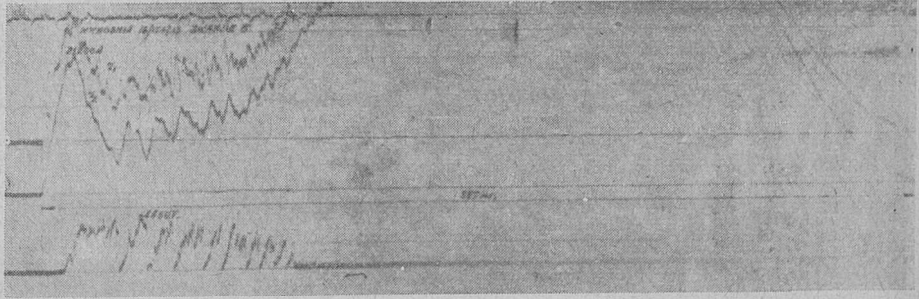
Rys. 20

wej ma charakter linii ząbkowanej, co widoczne jest na oscylogramach. Przy zgaśnięciu łuku przepięcie łączeniowe utrzymuje się przez dłuższy czas na skutek naładowania się kondensatorów tak, że napięcie na stykach wyłącznika przewyższa znacznie napięcie znamionowe. Ułatwia to powstawanie ponownych zapłonów łuku w przerwie zjonizowanej między stykami i utrudnia ogromnie pracę wyłącznika.

Na rys. 16 i 17 podane są przebiegi wyłączenia prądu zwarcia wykonane w identycznych warunkach obwodu. Zwarcie zasilane przez jeden zespół prostownikowy. Przebieg wyłączenia według rys. 16 uzyskano przy włączonym urządzeniu wyglądającym, według zaś rys. 17 przy czynnym urządzeniu. Wskutek włączenia pętli oscylografu rejestrującej przebieg prądowy na bocznik 5000 A — 209 mV na szynie minusowej podstacji (rys. 11) zarejestrowany został w obu przypadkach tylko prąd zwarcia, płynący z zespołu bez nałożonych oscylacji wyładowania kondensatorów, i dlatego przebieg krzywych prądowych jest w obu przypadkach dość gładki. Jednakże w drugim przypadku (rys. 17) widoczne są wyraźnie dwa powtórne zapłony łuku i czas wyłączenia jest dwukrotnie dłuższy niż na oscylogramie z rys. 16. Specjalnie charakterystyczny pod tym względem jest przebieg oscylogramu na rys. 18, który wskazuje na trzykrotne przerywanie łuku i ponowne zapłony w odstępie czasu ponad 40 ms. Oscylacje prądu zdjęte pętlą połączoną z bo-



Rys. 21



Rys. 22

cznikiem 2400 A — 60 mV (rys. 11) są wyraźnie widoczne. Jednocześnie z przebiegu napięciowego na tym oscylogramie widoczne jest utrzymywanie się napięcia 6690 V przez przeciąg czasu ponad 46 ms, co spowodowało ponowny zapłon łuku.

Przy rejestracji dwóch przebiegów prądowych za pomocą obydwu boczników pokazanych na rys. 11 widoczny jest wyraźnie wpływ urządzenia wyglądającego na pracę wyłącznika. Takie przebiegi pokazane są na rysunkach 19, 20, 21 i 22. Dotyczą one próby wyłącznika typu RJR Metro-Vickersa i ilustrują wyraźnie

wpływ mocy zainstalowanej podstacji na pracę wyłącznika. Zwarcie według rys. 19 było zasilane przez jeden zespół prostownikowy, zwarcie według rys. 20 — przez dwa zespoły prostownikowe, zwarcie według rys. 21 — przez trzy zespoły prostownikowe, zwarcie zaś według rys. 22, przy którym wyłącznik nie zgasił łuku, było zasilane przez cztery zespoły i współpracującą podstację z trzema zespołami. Przebieg prądowy wskutek ograniczenia skali nie został całkowicie zarejestrowany, prąd jednak osiągnął wartość największą ponad 30 kA.

Zmniejszenie szkodliwego wpływu urządzenia wyglądającego na pracę wyłącznika próbowano uzyskać przez włączenie szeregowego oporu ograniczającego. Jednakże ze względu na skuteczność wyglądania wielkość tego oporu musi być ograniczana. Zastosowany opór ograniczający około 0,7 oma wpływa w niewielkim stopniu łagodząco na przebieg wyłączenia, jednakże utrzymywanie się przepięcia łączeniowego przez dłuższy czas pozostaje nadal i stwarza ciężkie warunki pracy dla wyłącznika szybkiego.

8. Wnioski z dotychczasowych doświadczeń i prób.

Wprowadzie próby zwarcia wykonywane na podstacjach PKP nie zostały jeszcze zakończone, jednak dotychczasowe wyniki pozwalają już wysunąć pewne wnioski zestawione niżej, a dotyczące zarówno wymagań od wyłącznika szybkiego, jak i ogólnych wskazówek przy projektowaniu urządzeń zasilających trakcję elektryczną prądu stałego na napięciu 3 kV.

1. Produkcja krajowa wyłączników szybkich powinna mieć możliwość korzystania ze specjalnej zwarcia prądu stałego, gdyż bez długich i na bardzo szeroką skalę prowadzonych badań laboratoryjnych jest nie do pomyślenia nie tylko żaden postęp techniczny w tej dziedzinie, ale również właściwe ustalenie technologii produkcji i wykrycie jej błędów, nawet jeśli prototypy opierają się na dokumentacji zakupionej za granicą.

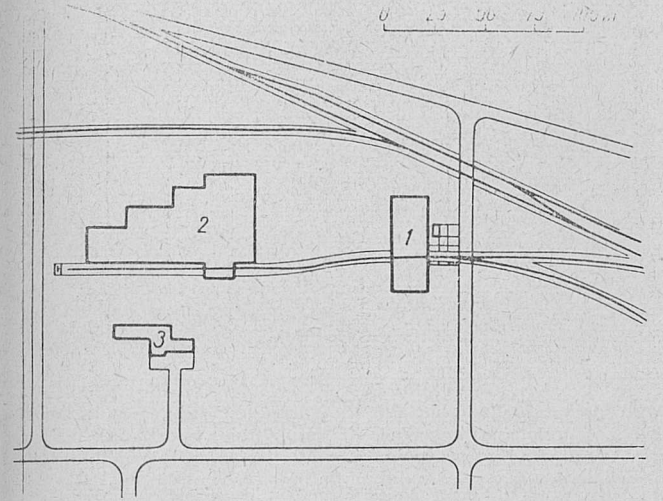
2. Ostateczna ocena przydatności i własności wyłącznika nie może być oparta wyłącznie na próbach w laboratorium i zwarcia fabrycznej. Konieczne jest wykonywanie prób prototypu w warunkach eksploatacyjnych. Próby te nie mogą jednak zastępować prób w zwarcia, gdyż wykonywanie ich związane jest ze znacznymi trudnościami i zakres ich musi być ograniczony do koniecznego minimum.

3. Na pracę wyłącznika szybkiego największy wpływ ma moc zespołów pracujących na zwarciu, a zainstalowanych na podstacji bliżej od miejsca zwarcia. Zwarcia odległe od podstacji mimo znacznej indukcyjności sieci stanowią dla wyłącznika znacznie łatwiejsze warunki pracy. Wpływ mocy zainstalowanej na sąsiadujących podstacjach pracujących równolegle jest nawet przy niedużych odległościach międzystacyjnych stosunkowo niewielki. Stąd wypływa dla projektującego nakaz ograniczania mocy pojedynczych podstacji, aby nie stwarzać zbyt ciężkich warunków pracy i nadmiernych wymagań od wyłączników szybkich. Należy sądzić, że przekroczenie mocy rzędu 10—12 MW będzie powodować duże trudności przy doborze wyłącznika pewnie działającego. Przy określaniu mocy instalowanej na podstacji z punktu widzenia zwarć należy za podstawę brać rzeczywistą moc ciągłą i uwzględnić też okoliczność, że pewne typy zespołów prostownikowych stosowane w trakcji elektrycznej, tzw. zespoły o dużej przeciążalności, mają ukrytą rezerwę mocy ciągłej ponad moc podaną na tabliczce znamionowej.

4. Ze względu na wpływ urządzenia wyglądającego należy dążyć w konstrukcji wyłącznika szybkiego do typów, które przez równomierne i niezbyt szybkie gaszenie łuku powodowałyby przy wyłączeniu zwarcia możliwie małą wartość przepięcia łączeniowego. Jednocześnie warunki dejonizacji w komorze łukowej, a zwłaszcza w przerwie międzystykowej wyłącznika, powinny umożliwiać wytrzymanie przez wyłącznik w stanie wyłączonym możliwie wysokich napięć — co najmniej rzędu dwukrotnego znamionowego — bez ponownych zapłonów łuku.

3. Zwarcioznia czechosłowacka*).

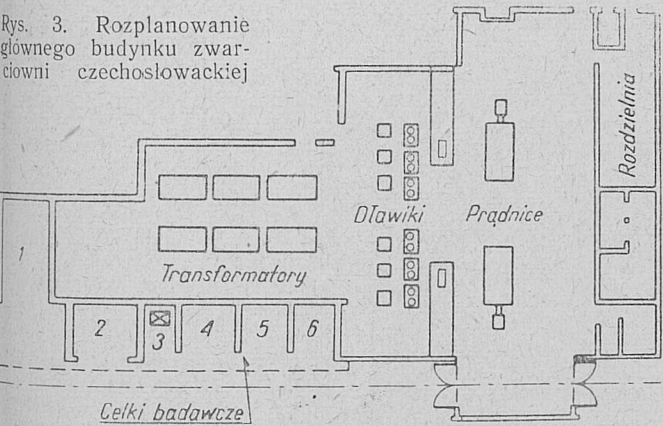
Uruchomiona w początku 1953 r. zwarcioznia czechosłowacka, w której badane były przyrządy rozdzielcze produkcji polskiej należy do bardziej nowoczesnych urządzeń tego typu. Budowa jej — licząc od powzięcia decyzji do uruchomienia — trwała około 6 lat. Założeniowe dane zwarciozni były: moc wyłączalna symetryczna 2000 MVA przy napięciach trójfazowych do 220 kV i jednofazowych do 400 kV, próby niskopięciowe przy 550 V do 100 kA; próby zwarciowe prądu stałego przy napięciu 720 V do 40 kA. Rys. 2 podaje rozplanowanie budynków zwarciozni. W budynku pomocniczym mieści się magazyn, stoiska



Rys. 2. Rozplanowanie budynków zwarciozni czechosłowackiej
1 — budynek pomocniczy
2 — zwarcioznia właściwa
3 — dział sterowniczo-pomiarowy i obserwacyjny

montażu wyłączników, stoiska prób mechanicznych i elektrycznych oraz warsztat. Tu montuje się przyrządy do prób, bada się działanie przyrządu bez napięcia (charakterystyki momentów, prędkości części ruchomych itp.), wykonywa się próby wytrzymałości mechanicznej, próby napięciowe obwodów niskonapięciowych oraz próby wytrzymałości izolacji do napięć rzędu 30 kV.

Rys. 3. Rozplanowanie głównego budynku zwarciozni czechosłowackiej



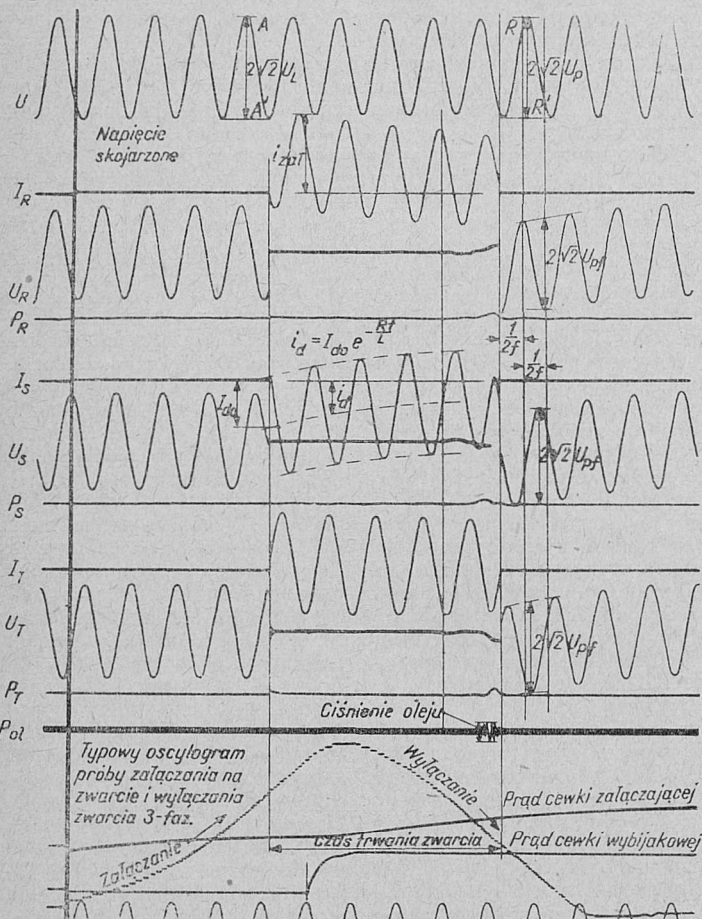
W głównym budynku zwarciozni (2) wykonywa się właściwe próby zwarciowe; rozplanowanie urządzeń w tym budynku podaje rys. 3. Zwarcioznia jest wyposażona w 2 prądnice o mocy typowej 100 MVA. Uzwojenie prądnicy jest dzielone o napięciach 3,5 — 6 (= 3,5 $\sqrt{3}$) — 7 — 12 (= 7 $\sqrt{3}$) kV zależnie od połączeń (podwójny trójkąt, podwójna gwiazda, trójkąt, gwiazda). Oporność przejściowa wstępna prądnicy, wynosząca 0,057 oma zapewnia moc złączalną o wartości 2500 MVA. Prądnica waży 140 t, jej najcięższa część 100 t. Przy zwarciu przenosi się na fundament moment obrotowy zwarciowej prądnicy, obciążający śruby fundamentowe siłą 335 t. Fundament betonowy prądnicy ma objętość 350 m³. Przy określonym kierunku wirowania prądnicy kierunek momentu zwarciowego jest wyznaczony, a więc fundament może nie być symetryczny względem osi prądnicy. Dla lepszego wyszukania miejsca założono przeciwne kierunki wirowania prądnicy, umieszczonych przeciwnie w jednej osi; wskutek tego większe wymiary

fundamentu, licząc od osi maszyny, wypadają w jednym kierunku. Prądnice chłodzi się powietrzem, którego zapotrzebowanie wynosi 1100 m³/min. dla jednej maszyny. Powietrze wprowadza się kanałem od dołu prądnicy i wyprowadza również kanałem przez pomieszczenia oporów regulacyjnych wzbudzenia. Powietrze chłodzące może być pobierane z zewnątrz lub z wewnątrz zależnie od temperatury. W kanałach wentylacyjnych umieszczone są klapy zamykające się w przypadku pożaru. Do gaszenia pożaru przewidziano dwutlenek węgla. Każda prądnica jest wyposażona w silnik napędowy o mocy 1800 kW przy 6 kV, z chłodzeniem wodnym i rozrusznikiem plynowym. Na wale silnika umieszczona jest pompka obiegu oleju łożyskowego. Dla zapewnienia smarowania łożysk zastosowano smarowanie pod ciśnieniem statycznym przez umieszczenie zbiornika na wysokości 8 metrów. Olej ze zbiornika dolnego pompuje się do zbiornika górnego przez filtry i chłodnicę wodną. Objętość górnego zbiornika wynosząca 4 m³ dobrano tak, żeby zapewnić dostawę oleju w przypadku wybiegu maszyny bez hamowania (40 minut). Prąd wzbudzenia udarowego prądnicy wynosi 4300 A przy napięciu 1500 V. Wzbudnica prądnicy składa się z zespołu dwóch szeregowo połączonych maszyn o napięciu 900 V każda. Izolacja maszyny jest tak dobrana, że można połączyć szeregowo dwie wzbudnice dwumaszynowe, uzyskując 2 × 2 × 900 = 3600 V do prób zwarciowych prądu stałego. Odwzbudzenie wirnika prądnicy odbywa się przez odłączenie obwodu od zasilania z jednoczesnym włączeniem oporu bocznikującego. Wyłączniki bezpieczeństwa pełnoolejowe, o mocy wyłączalnej 1500 MVA, umieszczone są w oddzielnych komorach. Ciągi szynowe, wykonane z rur miedzianych o średnicy 60/40 mm i umieszczone w uchwytych z drzewa impregnowanego w rurach izolacyjnych, biegną od prądnicy przez wyłączniki bezpieczeństwa do hali dławików i oporów. Oporność indukcyjna dławików wynosi 0,009 ÷ 1,27 Ω na fazę, oporność czynna oporów 0,0075 ÷ ÷ 1,9 Ω na fazę. Dalej ciąg szyn dochodzi do załączników zwarciowych, zamykających obwód w określonej fazie napięcia. Załączniki zwarciowe są typu nożowego z napędem sprężynowym, z przesunięciem styku jednej fazy dla opóźnienia złączenia. Od załączników zwarciowych ciąg szyn prowadzi do cewek probierczych oraz do hali transformatorów podwyższających napięcie. W hali znajduje się 6 jednofazowych transformatorów o mocy 35 MVA każdy. Uzwojenie pierwotne transformatora składa się z 2 uzwojeń po 12 kV, uzwojenie wtórne z 4 uzwojeń po 10,5 kV. Izolacja uzwojeń i przepustów umożliwia łączenie posobne uzwojeń wszystkich transformatorów. W ten sposób umożliwia się uzyskanie wszystkich potrzebnych wartości napięć aż do 420 kV. Budynek zawiera sześć celek badawczych, z których jedna przeznaczona jest do prób na napięciach prądnicowych (bez transformatorów), dwie do prób na napięciach wyższych w układzie trójfazowym, dwie do prób na napięciach najwyższych w układzie jednofazowym i trójfazowym oraz jedna do prób wieloprądowych. W celce tej umieszczony jest transformator wieloprądowy o mocy 27 MVA. Sterowanie przebiegu prób zwarciowych odbywa się przy pomocy impulsów, nadawanych przez impulsator elektronowy. Do celów pomiarowych laboratorium wyposażone jest w 12-pętlicowy oscylograf magnetyczny oraz dwustrumieniowy oscylograf elektronowy. 4. Metodyka prób zwarciowych. Istnieją trzy metody prób w zwarciozni: 1) nagłe zwarcie wzbudzonej prądnicy; 2) nagłe zwarcie wzbudzonej prądnicy z jednoczesnym łosowaniem wzbudzenia (wzbudzenie udarowe); 3) stopniowe zwiększanie wzbudzenia prądnicy, włączonej na obwód zwarciowy. Ta różnorodność metod wypływa z dążenia do uzyskania możliwie wielkiej mocy zwarciowej przy równoczesnym zmniejszeniu do minimum naprężeń elektrodynamicznych w uzwojeniach prądnicy zwarciowej. Praca układu według pierwszej metody przebiega w sposób następujący. Prądnice zwarciową doprowadza się do pełnej prędkości obrotowej i wzbudza do napięcia znamionowego; w obwodzie zwarciowym znajduje się zamknięty wyłącznik badany oraz załącznik zwarciowy w stanie otwartym. Po zamknięciu załącznika zwarciowego w obwodzie zaczyna płynąć prąd zwarciowy, który przerywa się przez otwarcie wyłącznika badanego. Przebiegi przy nagłym zwarciu wzbudzonej prądnicy przedstawia rys. 4. Prąd zwarciowy zawiera składową bezkresową oraz składową okresową; czas trwania prądu zwarciowego wynosi zwykle kilka do kilkunastu okresów. W czasie tym obni-

*) Por. Elektrotechnický Obzor, 1952, nr 2.

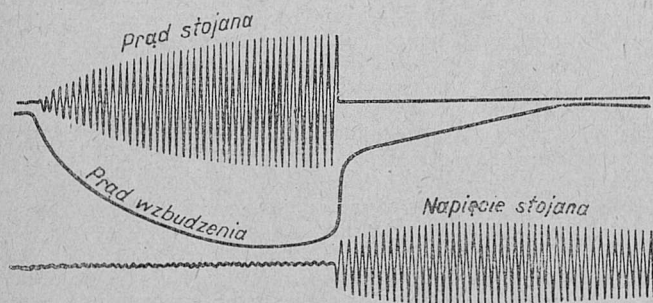
za się prędkość obrotowa prądnicy zwarciowej, której silnik napędowy odłączono na okres próby od zasilania. Energię wydzieloną w obwodzie zwarciowym pobiera się z zasobów energii, zgromadzonych w masach wirujących prądnicy oraz wzbudnicy. Spadek prędkości obrotowej podczas próby zwarciowej wynosi kilka do kilkanaście procentów.

Praca układu według drugiej metody jest zbliżona do wyżej opisanej z tą tylko różnicą, że jednocześnie zwiększa się prąd



Rys. 4. Przebiegi prądu zwarcioowego przy nagłym zwarcu wzbudzonej prądnicy

wzbudzenia prądnicy przez udarowe powiększenie napięcia wzbudzenia. W chwili, kiedy badany wyłącznik przerywa obwód zwarciowy, musi być zastosowane sztuczne zmniejszenie strumienia magnetycznego wzbudzenia dla uniknięcia przepięć w okresie powstawania napięcia po wyłączeniu zwarcia.

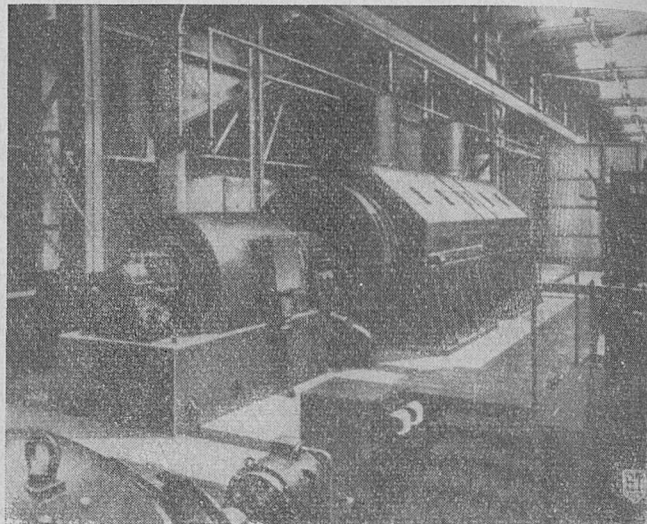


Rys. 5. Przebieg prądu zwarcioowego przy stopniowym zwiększeniu wzbudzenia prądnicy

W obu wyżej wymienionych metodach dla zmniejszenia sił dynamicznych stosuje się odpowiedni sposób załączenia prądnicy na obwód zwarciowy. Sposób ten polega na takim dobraniu chwili załączenia, żeby nie wystąpiła składowa bezokresowa prądu zwarcioowego. Bliższe szczegóły sposobu włączania podane są niżej przy opisie załącznika zwarcioowego.

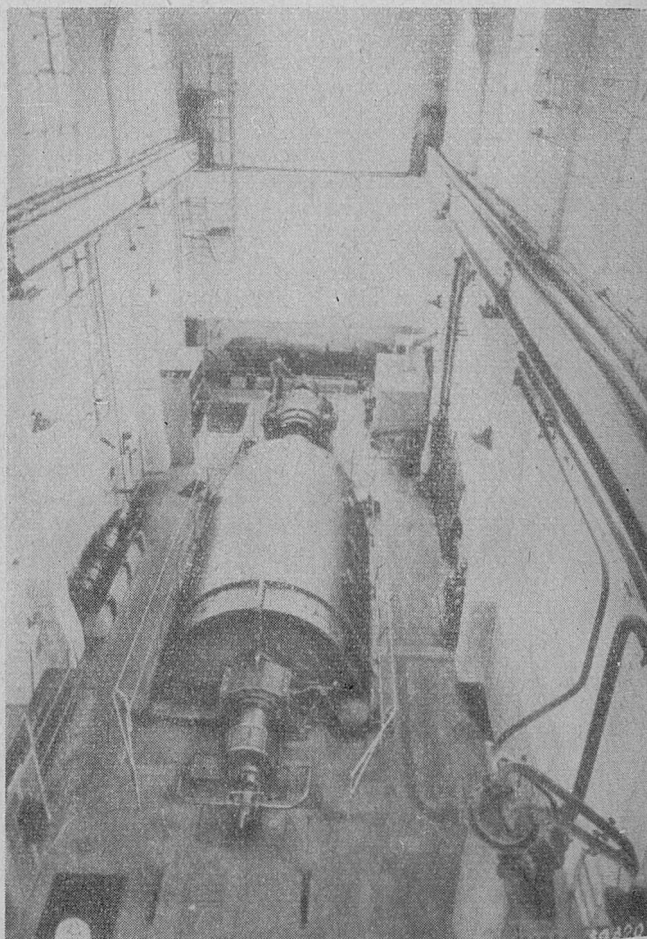
Przebieg trzeciej metody jest następujący. Badany wyłącznik w stanie zamkniętym zwiiera obwód stojana prądnicy zwarciowej, doprowadzonej na pełne obroty i niewzbudzonej. Następ-

nie zamyka się obwód wzbudzenia udarowego. Prąd wzbudzenia wzrasta, powodując wzrost składowej zmiennej prądu zwarcioowego w obwodzie stojana prądnicy. Po osiągnięciu żądanej wartości prądu zwarcioowego następuje wyłączenie zwarcia przez



Rys. 6

wyłącznik badany, po czym na zaciskach otwartego wyłącznika powstaje napięcie powrotne. W tym okresie niezbędne jest szybkie odwzbudzenie prądnicy dla uniknięcia nadmiernego napięcia. Przebieg prądu zwarcioowego dla tego przypadku przedstawiony jest na rys. 5.



Rys. 7

Ostatnia metoda ma tę zaletę, że dzięki niej uzyskuje się prąd zwarciowy symetryczny bez składowej bezokresowej. Poważną wadą metody jest znaczne obciążenie termiczne obwodu, przez który musi przepływać prąd zwarciowy aż do chwili uzyskania odpowiedniej wartości (czas rzędu 1—3 sekund). Wy-

daje się, że ostatnia metoda jest teoretyczna. W literaturze autorzy nie znaleźli żadnych danych ani zdjęć oscylograficznych, wskazujących na stosowanie tej metody w praktyce.

5. Opis poszczególnych urządzeń zwarciozni.

Prądnice zwarciozne (rys. 6 i 7). Wymagania stawiane prądnicy zwarciowej zupełnie różnią się od wymagań, stawianych normalnym prądnicom w elektrowniach. Wynika to z odmiennych założeń co do pracy tych prądnic: dla prądnicy zwarciowej normalnym stanem pracy jest stan zwarcia, a więc stan, który dla prądnicy elektrownianej jest stanem zakłócenia pracy.

Od prądnicy zwarciowej wymagamy: a) możliwie małej oporności biernej (przejściowej wstępnej i przejściowej głównej, x''_d i x'_d) dla uzyskania możliwie wielkiej wartości prądu zwarciowego; b) możliwie dużego momentu zamachowego (GD^2) dla magazynowania możliwie wielkiej ilości energii w masach wirujących; c) dużej wytrzymałości dynamicznej uzwojeń, szczególnie w połączeniach czołowych stojana.

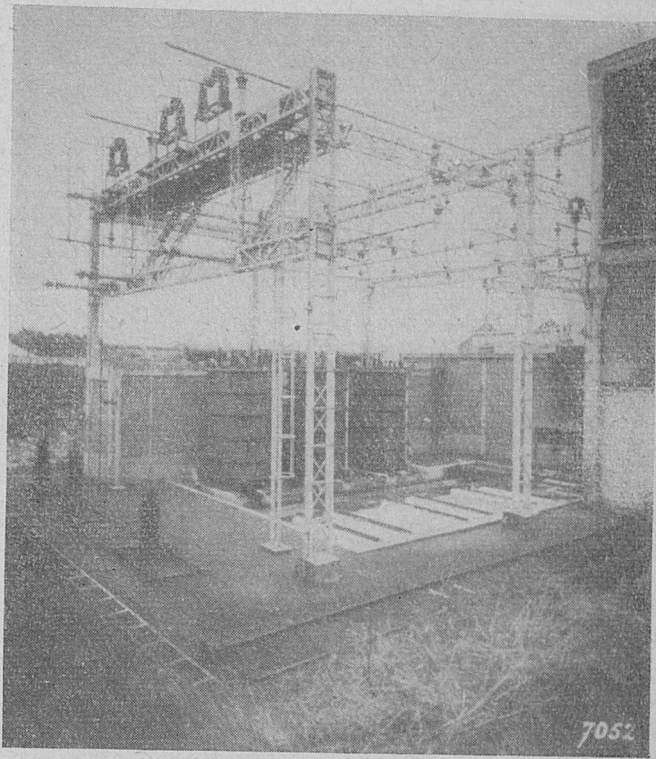
Ze względu na krótkotrwały charakter pracy drugorzędne znaczenie ma oporność czynna (straty) i chłodzenie prądnicy.

Wszystkie nowoczesne prądnice zwarciowe budowane są na 3000 (3600) obr./min. Moce znamionowe prądnic zwarciowych wahają się w granicach od 20 do 125 MVA, oporności biernej prądnic — w granicach 1,7 — 6%. Przy najmniejszych wartościach oporności biernej prądy zwarciowe w przypadku zwarcia na zaciskach prądnicy mogą być tak wielkie, że mogą przekraczać wytrzymałość dynamiczną uzwojeń. Utrzymanie tak niskiej wartości oporności biernej jest celowe w przypadku pracy prądnicy z transformatorem podwyższającym napięcie; w przypadku pracy na napięciu prądnicowym musi być włączony w szereg z uzwojeniem dławik, obniżający prądy zwarciowe do wartości dopuszczalnych ze względów dynamicznych.

Prądnice zwarciowe są napędzane przy pomocy silników asynchronicznych, których moce są uzależnione od danych prądnicy i wahają się w granicach od kilkuset do kilku tysięcy kilowatów. Do uruchomienia prądnicy stosuje się zazwyczaj dodatkowy silnik o mocy kilkunastu kilowatów z przekładnią zębatą. Silnik ten służy jedynie do doprowadzenia wirnika do prędkości rzędu $0,5 \div 1$ obr./min. dla ułatwienia rozruchu.

Obieg oleju łożyskowego pod ciśnieniem jest zapewniony przez zastosowanie pompki olejowej albo przez wyzyskanie ciśnienia statycznego. To ostatnie rozwiązanie wymaga umieszczenia zbiornika olejowego na wysokości kilku metrów ponad poziomem hali prądnicowej i może być kłopotliwe ze względu na wymiary zbiornika (do kilku metrów sześć.) oraz usytuowanie suwnicy. Chłodzenie oleju odbywa się z reguły w chłodnicy wodnej, przy czym obieg wody może być otwarty lub zamknięty zależnie od warunków terenowych. Ilość wody chłodzącej nie-

często w koła zamachowe dla powiększenia momentu bezwładności maszyny. Wzbudnice są napędzane silnikami asynchronicznymi o mocy często przekraczającej moc silników, napędzających prądnice zwarciowe.



Rys. 8

Podczas pracy zwarciowej prądnic i wzbudnic w maszynach powstają znaczne momenty, przenoszące się na fundamenty. Wymaga to odpowiednich wymiarów fundamentu. Istnieją dwa odmienne sposoby rozwiązania konstrukcyjnego fundamentów: pierwszy polega na budowie niezależnych fundamentów dla każdej maszyny, drugi na wykonaniu wspólnego bloku fundamentowego dla wszystkich wielkich maszyn. Blok taki praktycznie pokrywa się wówczas z wymiarami hali warsztatowej.

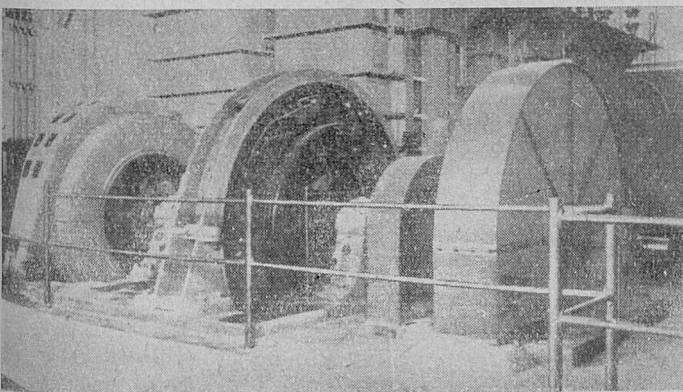
W przypadku istnienia dwóch prądnic zwarciowych korzystne jest rozmieszczenie ich w taki sposób, aby kierunki momentów obrotowych, działających na płytę fundamentową, były przeciwnie.

Zamocowanie prądnic zwarciowych na fundamentach może być sztywne lub przez połączenia elastyczne (sprężynowe). Przy zastosowaniu oparcia elastycznego ważne jest zapewnienie równomierności pracy sprężyn. Bardzo istotną sprawą jest również właściwe umieszczenie śrub fundamentowych w bloku fundamentu; powinna być zapewniona możliwość kontroli ich stanu oraz wymiany w przypadku uszkodzenia.

Transformatory do podwyższania napięcia (rys. 8). Transformatory podwyższające napięcie służą do zasilania obwodu zwarciowego napięciem o odpowiedniej wartości. W istniejących zwarcioznach można wykonywać próby zwarciowe trójfazowe na napięciach do 220 kV i jednofazowe na napięciach do 400 kV. Transformatory podwyższające napięcie muszą umożliwiać zasilanie układu przy wszystkich znamionowych wartościach napięć. Zazwyczaj stosuje się transformatory jednofazowe o wielu uzwojeniach wtórnych; przez odpowiednie przełączanie uzwojeń można uzyskać niezbędne wartości napięć. Dla przykładu można podać następujące rozwiązanie: 3 jednostki transformatorowe jednofazowe $3 \times \frac{100}{3}$ MVA o przekładni

$6,35/4 \times 35$ kV, przepusty izolowane na napięcie 150 kV. Z zespołu tego można uzyskać — przy zasilaniu z prądnicy o napięciu 6,35 kV — napięcia fazowe 35, 70 i 140 kV, a w układzie skójarżonym $70 \cdot \sqrt{3} = 121$ kV oraz $140 \cdot \sqrt{3} = 242$ kV. Przy zastosowaniu układu gwiazda-trójkąt można otrzymać międzyprzewodowe napięcie w układzie trójfazowym 35, 70 i 140 kV, a przy zastosowaniu układu trójkąt-gwiazda również 121 i 242 kV. W ten sposób umożliwione są próby w układzie trójfazowym na napięciach 6 — 35 — 60 — 110 i 220 kV.

Transformatory zwarciowe buduje się jako olejowe z możliwie małym rozproszaniem (rzędu 3 — 6%). Wytrzymałość ter-



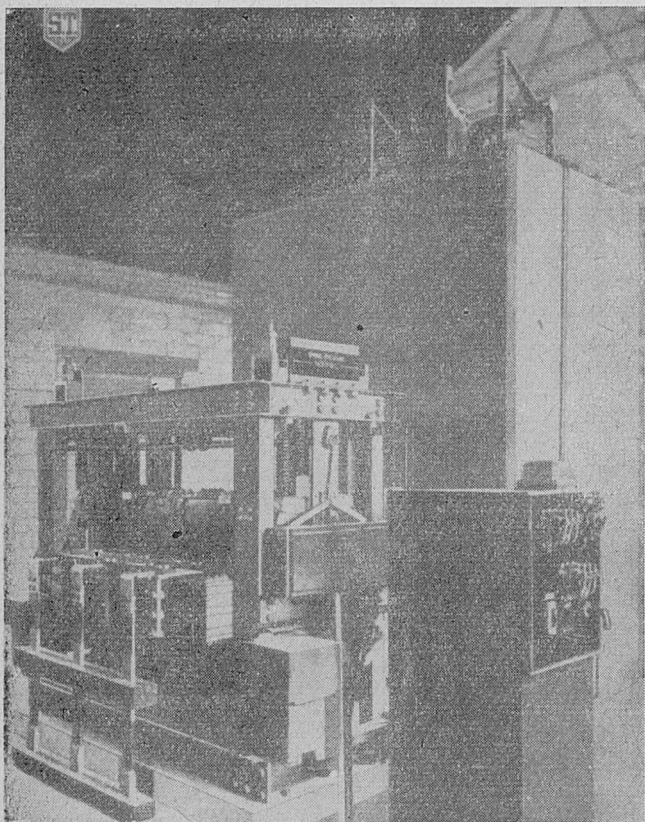
Rys. 7a

zbędnej do chłodzenia oleju jest stosunkowo duża — rzędu kilkudziesięciu metrów sześciennych na godzinę (zapotrzebowanie oleju łożyskowego na wszystkie łożyska prądnicy wynosi 0,6 do 1 m³/min.).

Chłodzenie prądnicy zwarciowej odbywa się przy pomocy powietrza w obiegu otwartym. Zapotrzebowanie powietrza dla maszyny rzędu 100 MVA wynosi kilkadziesiąt metrów sześciennych na sekundę. Wymaga to zastosowania pokaźnych filtrów oraz dużych silników obiegowych.

Wirnik prądnicy zwarciowej zasilany jest z wzbudnicy, stanowiącej odrębną jednostkę. Przy zastosowaniu wzbudzenia udarowego obciążenie zwarciowe wzbudnicy sięga 10 000 kW. Z tego powodu wzbudnice prądnic zwarciowych są to wielkie prądnice o mocy kilkuset do kilku tysięcy kilowatów, wyposażone

miczna transformatorów musi być odpowiednio duża, aby przerwy pracy transformatorów, niezbędne dla ich ochłodzenia nie wpływały na bieg pracy zwiarciowni.



Rys. 9

Transformatory do obniżania napięcia (wieloprądowe). Transformatory te zasilane z prądnicy zwiarciowej lub (przy mniejszych obciążeniach) bezpośrednio z sieci służą do prowadzenia prób wieloprądowych — badania wytrzymałości dynamicznej oraz cieplnej krótkotrwałej (1- lub 5-sekundowej). Moc transformatora trójfazowego wieloprądowego wynosi kilka — kilkanaście megawoltamperów, napięcia włorne kilkadziesiąt do tysiąca woltów zależnie od przełączeń, natężenia prądów po stronie dolnego napięcia sięgają 400 kA. Próby wieloprądowe urządzeń o oporności większej (np. dławików, transformatorów) wykonywa się bezpośrednio w głównym układzie zwiarciowym.

Ciąg szyn. Ciąg szyn tworzący połączenia głównego obwodu zwiarciowego można podzielić na część zawartą w obwodzie napięcia generatorowego, część za transformatorami podwyższającymi napięcie oraz część wieloprądową za transformatorami obniżającymi napięcie (układ do prób dynamicznych i termicznych).

Ciąg szyn na napięciu prądnicowym wykonywa się zazwyczaj z miedzianych szyn płaskich. Połączenia po stronie górnego (podwyższonego) napięcia transformatorów mogą być wykonywane jako ciąg szyn na izolatorach wspornych (do napięć rzędu 35 kV) albo z przewodów zamocowanych na izolatorach wiszących (przy napięciach wyższych).

Jedną z najpoważniejszych trudności konstrukcyjnych ciągu szyn jest uzyskanie wytrzymałości mechanicznej. Przy prądzie równym 120 kA i odstępie faz 20 cm otrzymuje się oddziaływanie dynamiczne o wartości bliskiej 1,5 t na metr bieżący ciągu. Dlatego zazwyczaj ciągu szyn nie umieszcza się wprost na izolatorach wspornych, lecz stosuje się konstrukcje specjalne, zapewniające większą wytrzymałość mechaniczną i odciążenie izolatorów od sił dynamicznych. Jednym z dalszych rozwiązań jest spakietowanie szyn i zastosowanie przekładek izolacyjnych. Inne rozwiązania polegają na wzmocnieniu układu szynowego umieszczonego na izolatorach przez zastosowanie rozpórek międzyfazowych i zamocowanie szyn w uchwyłach izolacyjnych (drzewo nasyczone), obciążających izolatory wsporne od naprężeń mechanicznych.

Ciąg szyn obwodu wieloprądowego musi być wykonany tak, aby jego indukcyjność była możliwie mała; dla przykładu można podać, że w przypadku stosowania układu płaskiego spadek na-

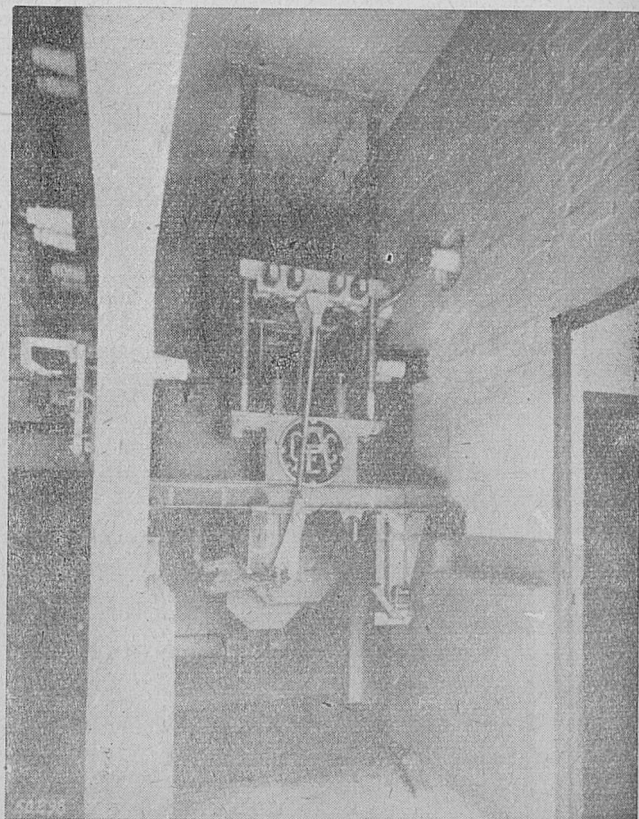
pięcia wywołany przepływem prądu 150 kA przez oporność indukcyjną równą $300 \mu\Omega$ na metr ciągu, wynosi 45 V. Przy napięciu zasilania rzędu kilkuset woltów spadek ten odgrywa poważną rolę; dowodzi to, jak wielkie znaczenie ma właściwy układ szyn obwodu wieloprądowego na wartość natężenia prądu w obwodzie.

Jedną ze znanych konstrukcji polega na użyciu przewodów rurowych współosiowych. Indukcyjność takiego układu jest znacznie mniejsza od indukcyjności układu przewodów równoległych ekscentrycznych.

Załącznik zwiarciowy (rys. 9 i 10). Zadanie załącznika zwiarciowego polega na zamykaniu obwodu zwiarciowego. Załącznik zwiarciowy jest łącznikiem, który musi odznaczać się dużą wartością mocy załączalnej, nie wymaga się natomiast od niego żadnej zdolności wyłączania, ponieważ otwieranie załącznika zwiarciowego odbywa się z reguły w stanie bezprądowym i beznapięciowym.

Ze względu na konieczność stosowania początku załączania w dowolnej fazie napięcia załącznik zwiarciowy musi mieć możliwie mały czas załączania, tzn. czas od chwili dania impulsu powodującego załączenie do chwili zetknięcia się styków, oraz mały rozrzut czasów załączania. W znanych konstrukcjach załączników zwiarciowych napęd załączający jest sprężynowy, przy czym ruch styków ruchomych odbywa się przy załączaniu z góry na dół. Nowoczesne konstrukcje załączników zwiarciowych pozwalają na osiągnięcie początku załączenia z dokładnością kilku stopni elektrycznych.

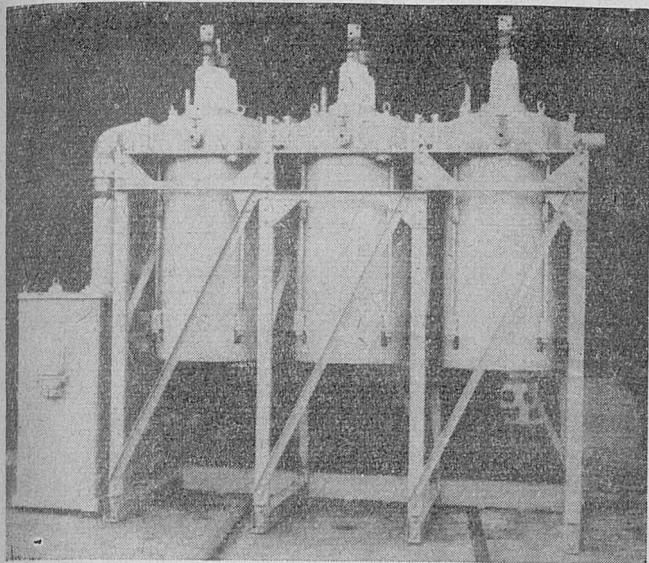
Konieczność osiągnięcia początku załączenia w dowolnej fazie napięcia wynika z potrzeby uzyskania odpowiedniej wartości składowej bezokresowej prądu zwiarciowego. Jak wiadomo, największą wartość składową bezokresową otrzymuje się w przypadku załączenia zwarcia podczas przejścia napięcia przez zero; przy załączeniu zwarcia w chwili największej wartości napięcia wartość składowej bezokresowej jest równa zeru. Powyższą oko-



Rys. 10

liczność wyzyskuje się w celu uniknięcia nadmiernych naprężeń elektrodynamicznych w uzwojeniach prądnicy. Dla całkowitego wyeliminowania składowej bezokresowej we wszystkich trzech fazach układu zwiarciowego należy stworzyć zwarcie dwufazowe bez składowej bezokresowej, a po upływie $1/4$ okresu (5 ms) zewrzeć trzecią fazę. Zwieranie kolejne wszystkich trzech faz nie daje wyniku ze względu na to, że punkt zerowy układu zwiarciowego jest uziemiony jedynie po jednej stronie załącznika (zazwyczaj od strony przyrządu badanego, rzadziej od strony prądnicy) i po załączeniu pierwszej fazy obwód zwiarciowy nie będzie jeszcze zamknięty.

Dla realizacji przesunięcia w czasie zamykania poszczególnych faz załącznik zwarciovym musi być odpowiednio zbudowany. Najprostsza konstrukcja polega na powiększeniu drogi trzeciego



Rys. 11

styku ruchomego przez odsunięcie styku stałego. Trzy styki ruchome mają wspólny napęd: dwa z nich dochodzą do styków stałych i przesuwają się w nich lub razem z nimi aż do zetknięcia się trzeciego styku ruchomego.

Załącznik zwarciovym jest wykonany z reguły jako łącznik suchy bez ośrodka gaszącego. Konstrukcja załącznika może być rozwiązana np. jako nożowa typu odłącznikowego (jednoprzerwowa) lub dwuprzzerwowa z opadającą podczas załączenia poprzeczką. Napęd wyłączający (napinający sprężynę załączającą) może być elektryczny lub powietrzny.

Wyłącznik bezpieczeństwa (rys. 11). Zadaniami wyłącznika bezpieczeństwa jest wyłączenie obwodu zwarciovego w przypadku niewłaściwego przebiegu badania (niewyłączenie przez wyłącznik badany, przypadkowe zwarcie przed wyłącznikiem badanym itp.). Zadziałanie wyłącznika bezpieczeństwa wywołuje się z impulsatora z odpowiednim nastawieniem czasowym oraz z układu zabezpieczeń przekątnikowych.

Jako wyłącznik bezpieczeństwa w zwarciovni służy wyłącznik o wystarczającej mocy wyłączalnej. W największych zwarciovniach, w których moc wyłączalna na napięciu generatorowym sięga 2500 — 3000 MVA, moc wyłączalna wyłączników bezpieczeństwa może być mniejsza ze względu na zanikanie prądu zwarciovego w czasie (wyłączniki bezpieczeństwa mają nastawienie czasu na impulsatorze większe do wyłączników badanych). W praktyce stosowane są jako wyłączniki bezpieczeństwa wyłączniki olejowe, małoolejowe lub powietrzne. Ze względu na znaczną wartość mocy wyłączalnej nie zawsze są to konstrukcje seryjne, czasami stosuje się wyłączniki specjalne, otrzymywane w drodze zmian konstrukcyjnych egzemplarzy z produkcji seryjnej.

Stosowanie wyłączników powietrznych jest możliwe, jeżeli dany typ wyłącznika nie daje przepięć przy wyłączaniu małych prądów. Stosowanie wyłączników olejowych wymaga natomiast osobnego pomieszczenia dla ochrony urządzeń od skutków ewentualnego wybuchu oleju w wyłączniku.

Dławiki i opory regulacyjne (rys. 12). Dla umożliwienia regulacji natężenia prądu w obwodzie zwarciovym oraz współczynnika mocy służą dławiki i opory regulacyjne. Są one z reguły umieszczane na napięciu generatorowym ze względu na możliwość ich zastosowania w różnych układach (z transformatorami do podwyższania i obniżania napięcia).

Dławiki regulacyjne wykonywa się zazwyczaj jako elementy jednofazowe, suche, z licznymi (do kilkunastu) zaczeplami. Przełączanie stopni dławików może się odbywać przy pomocy odłączników lub przy użyciu listw łączeniowych.

Indukcyjność dławików powinna być tak dobrana, aby można było uzyskać małe wartości prądów w obwodzie. Jest to niezbędne przy próbach, mających na celu ustalenie prądów krytycznych w wyłącznikach olejowych oraz sprawdzenie procesów wyłączeniowych przy małych prądach w wyłącznikach powietrznych.

Opory regulacyjne wykonywa się jako zestawy oporów drutowych, przełączalnych szeregowo i równoległe. Zadaniem opo-

rów regulacyjnych jest stworzenie możliwości regulacji współczynnika mocy w obwodzie zwarciovym. Zazwyczaj współczynnik mocy w obwodzie zwarciovym waha się w granicach od 0,05 do 0,15. Według norm zagranicznych na próby zwarciove (norma polska w opracowaniu) współczynnik mocy w obwodzie zwarciovym nie powinien przekraczać wartości 0,15. Warunek ten jest więc utrzymany praktycznie przez stałe obwodu zwarciovego. Opory regulacyjne stosuje się do podwyższenia wartości współczynnika mocy.

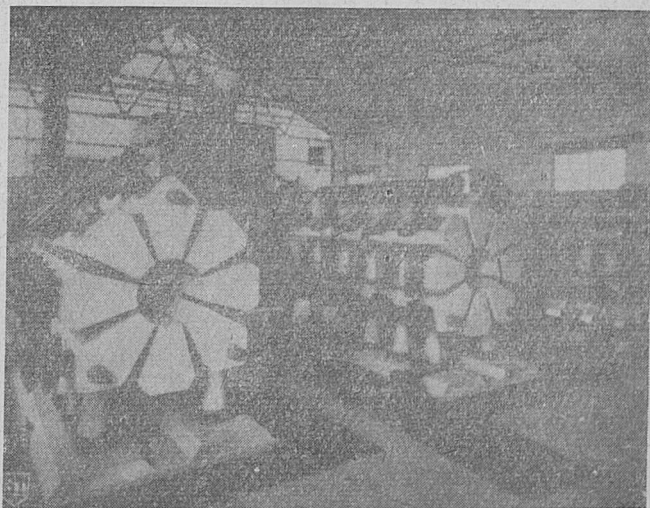
Może to być potrzebne przy próbach zdolności wyłączania w obwodzie o wyjątkowo małym współczynniku mocy, np. przy pełnym zwarciu prądnic na napięciu prądnicowym. Wartość współczynnika mocy może odgrywać poważną rolę w procesie wyłączenia, gdyż próba może dać wynik negatywny, w eksploatacji natomiast nie należy spodziewać się tak ostrych warunków jak podczas próby w zwarciovni. Możliwość wykonania próby w warunkach bardziej zbliżonych do rzeczywistych warunków eksploatacyjnych łącznika może doprowadzić do zaakceptowania konstrukcji zbadanej poprzednio z wynikiem ujemnym.

Opory regulacyjne są więc pożądanym, ale nie niezbędnym elementem zwarciovni. Istnieje szereg zwarciovni nie mających oporów regulacyjnych w głównym obwodzie zwarciovym.

Bateria kondensatorów do regulacji częstotliwości drgań. Zdolność wyłączania, zwłaszcza niektórych typów wyłączników (wyłączniki powietrzne), zależy w znacznym stopniu od częstotliwości drgań napięcia powrotnego czyli od skłonności narastania napięcia po wyłączeniu prądu. Częstotliwość drgań własnych zależy od stałych obwodu zwarciovego; w warunkach laboratoryjnych nie zawsze częstotliwość drgań układu odpowiada wartościom, spotykanym w normalnych warunkach pracy wyłącznika. Na podstawie licznych badań doświadczalnych oraz obliczeń teoretycznych stwierdzono, że spotykane w sieciach częstotliwości drgań własnych zależą od wartości napięcia i maleją z jego wzrostem. Przy napięciach 6—10 kV częstotliwości wahają się od 25 do 15 kc/s, przy napięciu 220 kV wynoszą zaledwie 2,5 do 0,4 kc/s. Z tego wynika, że zwarciovnia musi umożliwić odtworzenie różnych częstotliwości drgań, a więc musi mieć możliwość regulacji.

Ponieważ częstotliwość drgań własnych zwarciovni na napięciu generatorowym jest duża, rzędu 20—30 kc/s, należy przewidzieć jedynie regulację częstotliwości w dol. Regulację taką najłatwiej wykonać przez powiększenie pojemności obwodu zwarciovego. W praktyce wykonywa się to w ten sposób, że do ciągu szyn prądnicowych dołącza się trójfazową baterię kondensatorów o pojemności regulowanej przez odpowiednie przełączenia elementów. Przy obliczaniu pojemności baterii należy uwzględnić tę okoliczność, że pojemności i indukcyjności prądnic są rozłożone i że jej pojemność zastępczą należy przyjąć równą $0,3 \div 0,4$ pojemności zmierzonej mostkiem.

Ochrona przekątnikowa głównego wyposażenia zwarciovni. Główne wyposażenie zwarciovni — prądnic zwarciova, wzbudnica, transformatory podwyższające napięcie oraz silniki napędowe prądnic zwarciovej i wzbudnicy — musi być odpowiednio zabezpieczone. Ze wzglę-



Rys. 12

du na specjalny charakter pracy urządzeń wymagania ochrony są odmienne od normalnych wymagań dla tego typu maszyn.

Praca zwarciowa stanowi normalny rodzaj pracy prądnic z warciowych; stąd zasadnicza trudność ochrony tych prądnic. Należy tu rozróżnić tzw. zwarcia eksploatacyjne od zwarcia zakłócenioowych. Zwarcie eksploatacyjnym nazywamy normalny, przewidziany, przebieg próby zwarciowej. Zwarcie zakłócenioowe stanowią wszelkie zwarcia wewnętrzne prądnic, jak zwarcia międzycewkowe, międzywojowe i doziemne oraz zwarcia zewnętrzne o wartości nateżenia prądu większej od przewidzianej w przebiegu próby. Jeżeli np. prądnica zwarciowa o mocy 100 MVA ma pracować w układzie z dławikami przy mocy zwarciowej 800 MVA, to powinna być zabezpieczona przed zwarcie zakłócenioowym o pełnej mocy 1500 MVA, które może się zdarzyć w przypadku nieprzewidzianego zwarcia na zaciskach wejściowych dławików. Podczas próby tej samej prądnicy przy pełnej mocy zwarciowej zwarcie takie będzie zwarcie eksploatacyjnym i przebieg jego nie powinien być zakłócony przez zadziałanie zabezpieczeń. Istnieje jeszcze jeden możliwy przypadek, w którym zabezpieczenie prądnicy powinno zadziałać; jest to przypadek niewyłaczenia prądu zwarciowego przez wyłącznik badany i przez wyłącznik bezpieczeństwa; przypadek taki może zdarzyć się przy zakłóceniach w obwodzie sterowania. Prądnica zwarciowa zasilaby wówczas nadmiernie długo obwód, przeciążając cieplnie jego elementy.

Na podstawie powyższej analizy warunków pracy prądnicy można stwierdzić, że pełne zabezpieczenie można uzyskać przez zastosowanie:

- a) zabezpieczenia różnicowego,
- b) zabezpieczenia ziemnozwarciowego,
- c) zabezpieczenia zwarciowo-prądowego z nastawieniem bezzwłocznym,
- d) zabezpieczenia nadmiarowo-prądowego z nastawieniem zwłocznym.

Zabezpieczenia te powinny powodować wyłączenie silnika napędowego prądnicy zwarciowej, wyłączenie wyłącznika bezpieczeństwa, zadziałanie układu gaszenia pola magnetycznego (odwzbudzenie), a zabezpieczenia, działające pod wpływem zwarcia wewnętrznych, prowadzących do spalenia uzwojeń prądnicy, powinny dodatkowo powodować zadziałanie urządzeń do gaszenia pożaru (zamknięcie dopływu powietrza, gaszenie dwutlenkiem węgla itp.).

Oprócz zabezpieczeń układu elektrycznego należy przewidzieć ochronę prądnicy w przypadku uszkodzeń obiegu oleju łożyskowego dla uniknięcia wytopienia panewek. Jako ochronę stosuje się tu hamowanie prądnicy przy wykorzystaniu napędzającego silnika asynchronicznego. Do uzwojeń stojana silnika doprowadza się prąd stały, uzwojenie wirnika zamyka się przez opory rozruchowe. Pełne zabezpieczenie prądnicy obejmuje również aparaturę kontrolną obiegu oleju łożyskowego, obiegu powietrza chłodzącego oraz obiegu wody chłodzącej (do oleju).

W transformatorach podwyższających, które pracują w obwodzie zwarciowym w rozmaitych układach, zastosowanie zabezpieczenia różnicowego jest praktycznie niewykonalne. Ochronę transformatorów zapewnia właściwy układ zabezpieczeń prądnic zwarciowych, działający przy zwarcu zakłócenioowym w transformatorach. Jedynie dające się zastosować zabezpieczenia to przekątniki gazowe — podmuchowe oraz termometry ze stykami sygnałowymi i wyłączającymi.

Pomiary. Podczas prób zwarciowych rejestruje się przebiegi prądów, napięć powrotnych, ciśnienia powietrza lub oleju, drogę części ruchomych łączników, temperaturę części przewodzących prąd, siły występujące w mechanizmach napędów.

Rejestracja przebiegów odbywa się przy pomocy oscylografów pętlicowych i katodowych (pomiar napięć powrotnych). Zwarcioownie są zazwyczaj wyposażone w oscylograf wielopętlicowy (8—16 obwodów) oraz oscylograf katodowy wielostrumieniowy (2—4 strumienie). Zamiast oscylografów wielostrumieniowych, wymagających użycia specjalnych lamp, można zastosować układ kilku oscylografów jednostrumieniowych ze sprzężeniem przy pomocy układu optycznego na wspólne zdjęcie (opracowanie radzieckie).

Pomiary prądów wykonuje się przy użyciu boczników wieloprądowych bezindukcyjnych lub przy użyciu przekładników o specjalnej konstrukcji dla uniknięcia zniekształceń przy transformacji. Zagadnienie właściwego doboru boczników i przekładników prądowych jest jednym z najtrudniejszych zagadnień w technice pomiarowej zwarciowni, szczególnie przy pomiarach nateżeń prądu rzędu kilkudziesięciu kiloamperów i wyżej.

Pomiary napięć wykonuje się z zasady przy użyciu dzielników napięciowych oporowych lub pojemnościowych. Przekładników nie stosuje się ze względu na niedokładność pomiaru przy wyższych częstotliwościach (napięcie powrotne).

Rejestrację ciśnienia, sił dynamicznych, drogi części ruchomych łącznika, temperatury wykonuje się przy pomocy specjal-

nych nadajników wielkości mierzonych. Nadajniki te przekształcają wielkości nieelektryczne na wielkości elektryczne (napięcie, prąd), które z kolei są rejestrowane oscylograficznie.

Zasadniczy wpływ na jakość rejestracji mają połączenia pomiędzy miejscem pomiaru (celka badawcza) i oscylografem (nastawnia). Długość tych połączeń wynosi od kilkunastu do kilkudziesięciu metrów. Przewody doprowadzające muszą być odpowiednio ekranowane elektromagnetycznie na całej długości dla zabezpieczenia przed sprzężeniami, które mogą poważnie zniekształcić pomiar.

Sterowanie układu zwarciowego. Sterowanie układu zwarciowego jest scentralizowane w nastawni; większość przełączeń eksploatacyjnych daje się wykonać na odległość, istnieje jednak pewne orzeźwienie, wymagające bezpośredniej obsługi ręcznej. Do takich przełączeń należą zazwyczaj przełączenia uzwojeń prądnicowych i transformatorowych, niekiedy także przełączanie dławików i oporów regulacyjnych, jeżeli nie zaprojektowano odpowiednich układów odłącznikowych z napędem mechanicznym. Ze względu na dużą liczbę możliwych układów oraz skomplikowaną procedurę kolejnych łączeń zarówno przygotawczych, jak i podczas próby, w układach sterowniczych stosuje się daleko posuniętą blokadę i automatyzację. Trudno jest podać wszystkie blokady stosowane w układach sterowniczych zwarciowni; do blokad typowych, powszechnie stosowanych, należą:

- a) blokada wyłączenia załącznika zwarciowego przy zamkniętym stanie wyłącznika bezpieczeństwa, która chroni załącznik zwarciowy przed wyłączeniem prądu;
- b) blokada załącznika zwarciowego przy otwartym stanie wyłącznika bezpieczeństwa i odłączników w głównym ciągu szyn, która chroni załącznik zwarciowy od zbędnego zadziałania;
- c) blokada uruchomienia silnika napędowego prądnicy przy nie pracujących silnikach obiegu oleju i wody chłodzącej;
- d) blokada odłączników układu głównego z wyłącznikiem bezpieczeństwa, która uniemożliwia wykonanie przełączeń przy stanie zamkniętym wyłącznika bezpieczeństwa.

Dla zapewnienia właściwych łączeń, niezależnie od systemu blokad, wymagane jest potwierdzenie stanu układu na schemacie listewkowym umieszczonym w nastawni.

W jednej zwarciowni zastosowano ciekawe i proste urządzenie, zabezpieczające właściwe wykonywanie manipulacji w układzie przygotowanym do próby zwarciowej: urządzenie to ma postać nastawnika, wysyłającego za pokręceniem korbki impulsy załączenia i wyłączenia na poszczególne łączniki w odpowiedniej kolejności. Pokręcaniem korbki nastawnika daje się powtórnie impulsy dla uzyskania właściwego przełączenia i przygotowania układu do zwarcia.

Sterowanie przebiegiem próby odbywa się automatycznie przy pomocy impulsatora zwierającego i rozwierającego obwody sterowania według ustalonego programu.

Istnieje szereg rozwiązań konstrukcyjnych impulsatorów: elektromechaniczne, mechaniczne i elektryczne. Impulsatory elektromechaniczne napędzane silnikiem synchronicznym pozwalają na zwieranie i rozwieranie styków obwodów według nastawionego programu. Impulsatory mechaniczne działają na zasadzie wahadła, które — napotykać na swojej drodze zespoły styków — otwiera je i zamyka. Impulsatory elektryczne zawierają układy elektryczne z lampami gazowymi na wyjściu. Przez podanie w odpowiednim momencie napięcia na siatkę sterującą uzyskuje się nagle zmniejszenie oporności wewnętrznej lampy, która zaczyna przewodzić prąd.

6. Układ zwarciowni — zarys zagadnień projektowania.

Właściwe rozplanowanie pomieszczeń i urządzeń zwarciowni wymaga uwzględnienia wielu spraw natury elektroenergetycznej, budowlanej i ruchowej przy dotrzymaniu warunków gospodarności. Dlatego przy projektowaniu zwarciowni należy szczególnie rozważyć możliwe warianty rozplanowania.

Na zespół laboratoriów i urządzeń zwarciowni składają się: pomieszczenie prądnicy zwarciowej (prądnica zwarciowych), pomieszczenie transformatorów podwyższających napięcie, pomieszczenia na urządzenia badane (celki badawcze), pomieszczenia na dławiki i opory regulacyjne, pomieszczenie układu drgającego, pomieszczenie transformatorów obniżających napięcie, pomieszczenia na przekładniki pomiarowe i boczniki, pomieszczenia pomocnicze (gospodarka olejowa, układy sprężonego powietrza, rozdzielnia zasilająca, bateria akumulatorów itp.), pomieszczenie obserwacyjne, pomieszczenie sterowniczo-pomiarowe, pomieszczenia do wstępnych prób elektromechanicznych, warsztat pod ręczny, warsztat prototypów, pomieszczenia laboratoryjno-biurowe i administracyjne, magazyn.

W powyższym zestawieniu nie podano laboratorium wysokich napięć, które może wchodzić w skład zwarciowni lub sta-

nowić oddzielne laboratorium, położone w pobliżu zwarciowni. Zespół urządzeń zwarciowni może nie zawierać układu drgającego (jedynie radzieckie zwarciownie mają układy drgające lub też przewidują możliwość ich zainstalowania).

Najważniejszym wymaganiem technicznym, narzucającym wzajemny układ poszczególnych elementów zwarciowni, jest warunek prostoty głównego układu elektrycznego. Sprowadza się on do konieczności bezpośredniego umieszczenia w jednym ciągu hal prądnic, dławików regulacyjnych, transformatorów podwyższających i celek badawczych. Układ montażowy odpowiada wtedy pod względem rozmieszczenia elementów głównemu układowi ideowemu. Warunek ten — poza zaletą krótkich połączeń szynowych i prostoty — zapewnia łatwość pamięciowego opamiętania układu, a więc stanowi poważną zaletę eksploatacyjną.

Warunek prostoty układu elektrycznego jest trudniejszy do spełnienia w przypadku istnienia układu drgającego, dla którego należy przewidzieć możliwość współpracy z transformatorami podwyższającymi napięcie. Warunek ten będzie spełniony w przypadku rozmieszczenia układu drgającego i hali prądnicowej po obu stronach hali transformatorowej.

Następnym ważnym wymaganiem technicznym jest właściwe usytuowanie wzajemne hal prądnicowej i transformatorowej ze względu na zainstalowanie jednej suwnicy do obsługi obu hal. W zwarciowni, w której są zainstalowane jednostki rzędu 100 MVA, spotyka się zwykle suwnice o nośności 100 t. Suwnica służy tu do montażu prądnicy, transportu transformatorów z wagonu kolejowego na wózek, po którym transformatory na szynach przesuwa się do hali transformatorowej, oraz do podnoszenia rdzenia transformatorów przy oględzinach i remoncie.

Z powyższego wynika, że bocznicą kolejową musi być wprowadzona do hali prądnicowej, pomiędzy zaś tą halą a halą transformatorową musi być przewidziana brama o gabarycie transformatorów (do podwyższania napięcia) wraz z przepustami.

Wzajemny układ osi hal prądnicowej i transformatorowej powinien być tak dobrany, aby transformatory można było transportować bez obracania ich o kąt 90° do ustawienia na właściwym miejscu.

Dalszymi wymaganiami dotyczącymi transportu transformatorów są: usytuowanie ich w hali w taki sposób, aby możliwe było przesunięcie dowolnego transformatora do hali prądnicowej bez konieczności przesuwania pozostałych transformatorów, oraz zarezerwowanie w hali prądnicowej wolnej przestrzeni do ustawienia i oględzin transformatora.

Konieczność podnoszenia wyjmowanej części transformatorów wraz z przepustami wyznacza wysokość haka suwnicy w hali prądnicowej, a więc i wysokość hali.

Rozplanowanie pozostałych części zwarciowni jest zależne od wyboru jednej z dwóch możliwych alternatyw:

- a) wszystkie części zwarciowni — z wyjątkiem pomieszczenia obserwacyjnego — są skupione razem, tworząc jeden wspólny blok;
- b) niezwiązane bezpośrednio części zwarciowni mieszczą się w osobnych budynkach; przykładem takiego rozwiązania może być opisana wyżej zwarciownia czechosłowacka, składająca się z trzech oddzielnych budynków, oddzielonych od siebie odległością kilkudziesięciu metrów.

Szczególną uwagę należy zwracać na ulokowanie pomieszczenia sterowniczego-pomiarowego (nastawnia i układy oscylografów). Istnieją dwie przeciwstawne sobie koncepcje usytuowania pomieszczenia sterowniczego-pomiarowego: łącznie z pomieszczeniem obserwacyjnym w oddzielnym budynku, odsuniętym od głównego budynku zwarciowni, z oknami wychodzącymi na celki badawcze, oraz oddzielnie — w pobliżu celek badawczych. Pierwsza koncepcja ma tę zaletę, że umożliwia jednocześnie sterowanie i obserwację zjawisk, występujących podczas próby; skupienie obserwacji i rejestracji w jednym miejscu może być dogodne w eksploatacji zwarciowni. Koncepcja druga odznacza się znacznym przybliżeniem miejsca rejestracji do miejsca badań, co stanowi poważną zaletę z punktu widzenia elektrycznego.

Względny eksploatacyjny stawiają rozmieszczeniu poszczególnych elementów zwarciowni warunek prostoty linii eksploatacyjnej: od magazynu przez pomieszczenie montażowe, laboratorium wstępnych prób (elektromechanicznych) i warsztat naprawczy do celek badawczych.

Celki badawcze, o ścianach z betonu zbrojonego, muszą być usytuowane w bezpośredniej bliskości hali transformatorowej i prądnicowej (próby na napięciu generatorowym i podwyższonym) ze względu na uproszczenie ciągu szynowego. Umieszcza się je zwykle przy ścianie hali transformatorowej, wyprowadzając szyny przez przepusty lub osłonięte otwory (przy najwyższych napięciach). Transformatory wieloprądowe (obniżające napięcie) muszą być umieszczone bezpośrednio za ścianą celki prób wieloprądowych ze względu na konieczność zmniejszenia do minimum długości doprowadzeń wieloprądowych.

Liczba celek badawczych zależy od założeń eksploatacyjnych i przewidywanej możliwości jednoczesnych prób w zwarciowni. W praktyce liczba ta waha się od dwóch do pięciu, przy czym poszczególne celki mają z góry ustalone przeznaczenie (próby wieloprądowe, próby przy napięciu prądnicowym, próby przy napięciach 110–220 kV, próby przy najwyższych napięciach). Wymiary celek określa się z wymiarów największych przyrządów badanych w danej celce. Orientacyjnie można przyjąć: dla próby przy napięciu prądnicowym $6\text{ m} \times 6\text{ m} \times 6\text{ m}$, dla próby przy napięciach do 400 kV — $10\text{ m} \times 8\text{ m} \times 12\text{ m}$.

7. Zwarciownia krajowa.

Rozwój zagadnienia budowy

Już w okresie międzywojennym kielkowała wśród elektryków polskich myśl o potrzebie zwarciowni krajowej. Była to myśl nieśmiała i bez żadnych realnych szans urzeczywistnienia jej. Owcześnie prywatny przemysł elektrotechniczny był zbyt słaby, aby przystąpić do tak poważnej inwestycji, a zagadnienie jakości przyrządów było zagadnieniem raczej konkurencyjności. Rozstrzygał pieniądź, a kalkulacja wykazywała, że taniej wypada wykonywanie prób w zwarciowniach zagranicznych. Ponadto sprawa mocy wyłączalnej wyłączników nie miała tej ostrości co dzisiaj wobec małego rozbudowanych układów sieciowych i stosunkowo niewielkich mocy wyłączanych. Te okoliczności powodowały również u odbiorców łączników, a więc przede wszystkim w przedsiębiorstwach energetycznych i przemysle ciężkim, brak należytego zrozumienia dla sprawy budowy zwarciowni krajowej.

W pierwszym okresie po wyzwoleniu zagadnienie odbudowy zdewastowanego przemysłu krajowego absorbowало polską myśl techniczną niemal całkowicie. Już wtedy jednak, choć nie zdawano sobie jeszcze sprawy z powstałych możliwości, zaczęło narastać przekonanie o konieczności budowy własnej zwarciowni.

W 1947 r. Instytut Elektrotechniki łącznie z CZPEI i CZE wysunął zagadnienie budowy zwarciowni krajowej. Jednakże nie była od razu sprecyzowana jej wielkość. Zaczęto zbierać oferty na wyposażenie, przede wszystkim na prądnicę zwarciową. Związek radziecki zajęty był ogromem odbudowy własnej gospodarki i nie mógł wówczas podjąć się dostaw o charakterze nietypowym, kraje demokracji ludowej nie miały odpowiedniej możliwości, sięgnięto więc do ofert z krajów kapitalistycznych. Na podstawie tych ofert zatrzymano się na mocy zwarciowej 800 MVA. Dziś rozumiemy, że moc ta była za mała, wówczas jednak projekt wydawał się bardzo śmiały i zakrojony na wyrost. Dopiero narady ze specjalistami radzieckimi w połowie 1950 r. oraz lawinowy rozwój energetyki wykazały niedostateczność powyższego założenia: powstała koncepcja budowy zwarciowni o mocy 2000–2500 MVA.

W międzyczasie w Związku Radzieckim całkowicie opracowano i zrealizowano metodę prób pośrednich za pomocą układu drgającego, co dawało nowe poważne możliwości. Jednocześnie bliższe badanie problemu wykazało całą trudność wykonania w kraju tak nietypowego obiektu, jak zwarciownia, z dostaw pochodzących od różnych wytwórców, a więc nie dość ze sobą skoordynowanych. Przy projektowaniu można się było oprzeć jedynie na szczupłej kadrze naukowców oraz garście ludzi, którzy wprawdzie wykonywali próby aparatury w zwarciowniach zagranicznych, ale interesowali się raczej stroną wynikową prób, niż zagadnieniami konstrukcji urządzeń probierczych.

Instytut Elektrotechniki opracował założenia budowy zwarciowni, oparte na dwóch jednakowych prądnicach zwarciowych o łącznej symetrycznej mocy zwarcia 2000–2500 MVA w zakresie napięć do 220 kV. W założeniach przewidziano możliwość powiększenia mocy do 8000 MVA przy użyciu układu drgającego oraz podwyższenia napięcia do 400 kV. Jako najwłaściwsze miejsce budowy zwarciowni upatrzone tereny w bezpośrednim sąsiedztwie kombinatu naukowego Instytutu Elektrotechniki oraz głównej wytwórni łączników wysokiego napięcia. Sprawa prób napięciowych nie była w ten sposób rozwiązana, gdyż istniejące laboratorium wysokich napięć IELu, przystosowane do próby łączników do 220 kV, mieściło się w dużej odległości.

W 1952 r. delegaci Instytutu mieli możliwość przedyskutowania powyższych założeń z wybitnymi specjalistami radzieckimi w Moskwie i Leningradzie. Jednocześnie zapoznali się ze zwarciowniami radzieckimi. W wyniku konsultacji powyższe założenia uległy pewnym zmianom: postanowiono zainstalować w pierwszym etapie jedną dużą prądnicę o mocy zwarciowej 1200 MVA, jedną małą o mocy zwarciowej 250 MVA oraz układ drgający. Koncepcja ta wynikała z chęci oszczędzania dużej prądnicy oraz zmniejszenia zużycia energii przy próbach mniejszych wyłączników. Koncepcja budowlana zwarciowni przewiduje jej dal-

szą poważną rozbudowę, nie przesądza jednakże, czy będzie to osiągnięte przez zainstalowanie następnej prądnicy zwariowej, czy też przez rozbudowę układu drgającego, co wobec postępów tej metody badawczej może okazać się w przyszłości słuszniejsze. Zresztą koncepcja przewiduje możliwość jednoczesnej rozbudowy w obu kierunkach.

Dalsze projekty Instytutu, oparte na podanych niżej, uzgodnionych ze specjalistami radzieckimi założeniach, były zaakceptowane przez Ministerstwo Przemysłu Maszynowego i znalazły pełne poparcie Ministerstwa Energetyki oraz Polskiej Akademii Nauk. Na ich podstawie wystąpiono do właściwych władz z odpowiednim wnioskiem.

Tablica I. Moc projektowanej zwariowni

Napięcie kV	6	10	15	30	60	110	220	440
Maksymalna moc zwariowa (MVA)								
Próby trójfazowe oraz jednofazowe przeliczone na moc trójfazową, wykonane w I etapie przy użyciu maszyn wirujących	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200*)	—
Próby przy użyciu układu drgającego przeliczone na moc trójfazową	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
To samo w układach dwuczestotliwościowych	—	—	—	—	—	3500	5000	10000
Próby trójfazowe oraz jednofazowe przeliczone na moc trójfazową, wykonywane w II etapie przy użyciu maszyn wirujących	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500*)	—

*) Tylko próby jednofazowe.

Sprawę powiązania zwariowni z laboratorium najwyższych napięć rozstrzygnięto w ten sposób, że zaplanowano przeniesienie istniejącego laboratorium Instytutu w pobliżu zwariowni. Pomieszczenia tego laboratorium mają być od razu zaprojektowane jako część przyszłego zespołu laboratoriów najwyższych napięć, wyosazonego do badania przyrządów na napięcie 400÷500 kV.

Oto motywy, uzasadniające we wniosku konieczność budowy zwariowni:

1) Na obecnym etapie techniki przesyłu i rozdziału energii elektrycznej poważniejszy rozwój produkcji przyrządów rozdzielczych możliwy jest tylko na podstawie odpowiednich badań laboratoryjnych, wykonywanych w należycie wyposażonej zwariowni. Jedynie przyrządy, których typ został sprawdzony w zwariowni, zapewniają stopień pewności pracy urządzeń rozdzielczych możliwy do osiągnięcia przy obecnym rozwoju techniki światowej, co jest szczególnie ważne dla planowej gospodarki socjalistycznej.

2) Dokonywanie prób aparatury w zwariowniach krajów przyjaźnionych jest z natury rzeczy dorywcze i jest możliwe jedynie w niedostatecznym zakresie. Wykonywanie prób i ciągłość prac konstruktorskich wymagają stałej pracy laboratoryjnej, która jest możliwa tylko we własnych laboratoriach. Świadczy o tym stopień obciążenia laboratoriów państw zaprzyjaźnionych badaniami wytwarzanej w danym kraju aparatury. Rozumiejąc to nawet państwa o mniejszym niż Polska potencjale przemysłu elektrotechnicznego decydują się obecnie na budowę własnych zwariowni.

3) Dokonywanie prób w sieciach elektroenergetycznych może być uznane za możliwe w drodze nielicznych wyjątków ze względu na niebezpieczeństwo, które stanowią te próby dla ciągłości ruchu sieci, oraz dezorganizację normalnej pracy urządzeń sieciowych.

4) Szybki wzrost mocy zwariowych w polskich sieciach elektroenergetycznych, wywołany niezwykle szybką rozbudową oraz stosunkowo znacznym skupieniem źródeł energetycznych, wymaga odpowiedniego rozwoju przemysłu przyrządów rozdzielczych, co możliwe jest tylko przy pomocy zwariowni.

5) Dla rozwoju własnej myśli konstruktorskiej i badawczej w dziedzinie przyrządów rozdzielczych zwariownia jest narzędziem nieodzownym.

6) Adaptacja dokumentacji licencyjnej i produkcja aparatury według licencji musi być sprawdzana przez liczne próby w zwariowni.

7) Produkcja bieżąca, jak również wszelkie zmiany konstrukcyjne wprowadzane w wyniku działalności racjonalizatorskiej, muszą być okresowo kontrolowane w zwariowni.

8) Zdolność wyłączania tysięcy przestarzałych wyłączników małoolejowych, pracujących w sieciach krajowych, musi być podwyższona, a odpowiednio konstrukcje ulepszające dadzą się wykonać jedynie na podstawie prób w zwariowni.

9) Powszechne wprowadzanie w sieciach krajowych samoczynnego ponownego załączania wymaga stwierdzenia przydatności wyłączników do tego celu przez wykonywanie prób w zwariowni.

10) Istnieje konieczność sprawdzenia u nas danych technicznych znacznej liczby importowanych wyłączników, które pochodzą z krajów kapitalistycznych, a których dane katalogowe często odbiegają od rzeczywistych.

Parametry zwariowni i jej głównego wyposażenia, podane niżej, dobrano na podstawie przewidywanego rozwoju energetyki i przemysłu elektrotechnicznego; uwzględniono przy tym najbardziej nowoczesne urządzenia, zapewniające największą pewność i elastyczność ruchu tej imponującej budowli socjalizmu w naszych planach.

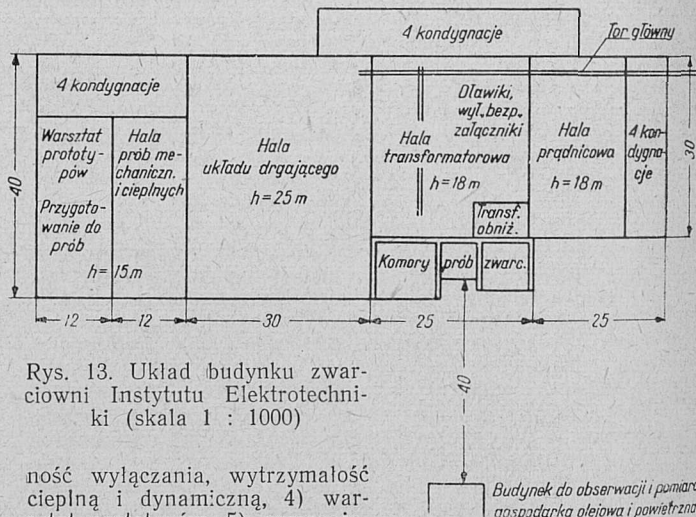
Niżej podane są najbardziej istotne założenia dla wywołania dyskusji ogółu zainteresowanych specjalistów.

Wyciąg z założeń do budowy zwariowni Instytutu Elektrotechniki

Opracowane i sprawdzone przy doradztwie specjalistów radzieckich założenia obejmowały podstawowe parametry urządzeń laboratoryjnych oraz ważniejsze wytyczne do projektowania. Następujące dane charakteryzują wszechstronnie całość urządzenia.

Przeznaczenie zwariowni: wykonywanie prób typu aparatury wysokiego i niskiego napięcia oraz prac badawczych.

Podział zwariowni: 1) oddział badań elektromechanicznych, 2) oddział badań cieplnych, 3) oddział badań na zdol-



Rys. 13. Układ budynku zwariowni Instytutu Elektrotechniki (skala 1 : 1000)

ność wyłączania, wytrzymałość cieplną i dynamiczną, 4) warsztat prototypów, 5) wyposażenia pomocnicze, 6) kierownictwo prób. (Próby napięciowe, udarowe i o częstotliwości technicznej będą wykonywane w laboratorium najwyższych napięć, położonym w pobliżu zwariowni).

Główne wyposażenie zwariowni:

a) maszyny wirujące: 1) prądnica o maksymalnej mocy zwariowej 1200 MVA wraz z silnikiem napędowym (w II etapie możliwość zainstalowania drugiej takiej samej maszyny); 2) prądnica o maksymalnej mocy zwariowej 250 MVA wraz z silnikiem napędowym; 3) zespół wzbudnic do powyższych prądnic z silnikiem napędowym i kołem zamachowym;

b) transformatory: 1) grupa transformatorów podwyższających napięcie, składająca się z trzech transformatorów jednofazowych o mocy ok. 100/3 MVA każdy (w II etapie ustawienie drugiej analogicznej grupy); 2) grupa transformatorów obniżających napięcie składająca się z trzech transformatorów jednofazowych o mocy ok. 5 MVA każdy;

c) układ drgający o mocy kondensatorów ok. 1000 MVA dla prób zastępczych mocy trójfazowej 2000 MVA w układzie jednoczęstotliwościowym.

Projektowane parametry zwariowni.

Wymienione wyżej wyposażenie pozwoli na osiągnięcie mocy zwariowych podanych w tabl. I.

Rozplanowanie zwarciozni. Rys. 13 przedstawia prawdopodobne rozmieszczenie oddziałów laboratoryjnych, skupionych w jednym gmachu. Stanowiska obserwacyjne będą ulokowane w osobnym budynku w odległości ok. 40 m przed komorami zwarcioznymi.

Przewiduje się następujące zagospodarowanie poszczególnych pomieszczeń:

a) w hali prądnicowej jest miejsce dla prądnic pierwszego i drugiego etapu rozbudowy; po jednej stronie przewidziano pomieszczenie dla sterowania maszynowni, rozdzielni prądu zmiennego i stałego oraz urządzeń wentylacyjnych;

b) hala transformatorowa ma pomieścić transformatory podwyższające napięcie I i II etapu, transformatory obniżające napięcie, dławiki, przekładniki napięciowe na 220 kV, wyłącznik bezpieczeństwa i wyłącznik zwarciowy; hala będzie wyposażona w suwnicę na 75 t;

c) hala układu drgającego przeznaczona jest na umieszczenie kondensatorów i innych urządzeń układu;

d) hala prób mechanicznych i cieplnych będzie zawierała potrzebne stanowiska badawcze;

e) warsztat prototypów będzie wyposażony w obrabiarki, pozwalające na budowę we własnym zakresie prototypów wyłączników;

f) komory prób zwarciowych o różnych wymiarach są przeznaczane do prób aparatów różnego napięcia;

g) budynki czterokondygnacyjne, wkomponowane w blok budynku zwarciozni, obejmą pomieszczenia dla oscylografów, dla kierownictwa prób, pomieszczenia biurowe, gospodarcze i inne;

h) w oddzielnym budynku znajdują pomieszczenie stanowiska obserwacyjne, gospodarka olejowa i urządzenia sprężarkowe.

Personel. Orientacyjny skład personelu do obsługi zwarciozni wynosi 90 osób, w tym 20 inżynierów.

Wtyczne do opracowania projektu technicznego zwarciozni (ciąg dalszy założeń)

Warunki pracy układu. Urządzenia laboratorium powinny umożliwić próby przy użyciu maszyn wirujących według trzech podstawowych metod: a) zwykła metoda zwarciowa z forsowaniem wzbudzenia; b) metoda zwarciowa z eliminowaniem składowej stałej przez załączanie zwarcia w odpowiednio wybranej chwili (schemat Bressona); c) metoda z forsowaniem wzbudzenia przy zamkniętym obwodzie zwarciowym (schemat Siemens).

Prądnice. Przyjęto następujące orientacyjne dane prądnic:

	prądnic mała	prądnic duża
moc typowa (MVA)	15	75
napięcie biegu jałowego, układ gwiazdowy (kV)	6,5	8,5
możliwość przewzbudzenia o 30% (kV)	—	do 11
największy prąd zwarciowy zakłócenio- wy (kA)	90	270
największy prąd zwarciowy eksploata- cyjny (kA)	40	20
oporność przejściowa główna	3%	6,6% ± 20%
„ „ „ wstępna	1,7%	3% ± 30%
moc silnika napędowego (kW)	500	1500
orientacyjne wymiary prądnicy z silni- kiem:		
długość (m)	7,5	12,2
wysokość (m)	—	4,6

Należy przewidzieć wspólną wzbudnicę dla dużej i małej prądnicy ze wzbudnicą pomocniczą i dodatkową wzbudnicę dla małej prądnicy przy tej pracy na małą moc.

Należy zastosować gaszenie pola przez przełączanie kierunku prądu wzbudzenia i wyłączanie obwodu wzbudzenia wyłącznikiem szybko działającym, sterowanym tyratronami.

Ciągi szyn i dławiki. Dla należytego wysyskania urządzeń zwarciozni należy przewidzieć 2 układy szyn z połączeniem na obie prądnice (np. mała prądnicą z transformatorami obniżającymi i dużą na próby zwarciowe wysokiego napięcia).

Po obu stronach uzwojeń fazowych prądnicy należy zaprojektować dławiki o minimalnej oporności, obliczonej z warunku dopuszczalnego dla dużej prądnicy prądu zakłócenioowego. Dławiki te powinny mieć możliwie duży zakres regulacji dla uzyskania zmian prądu zwarciowego w możliwie małych przedziałach.

Ciągi szyn i przekładniki prądowe należy sprawdzić na wytrzymałość cieplną i dynamiczną:

a) przy zwarciach eksploatacyjnych należy przyjąć przy zwy-

kłym układzie zwarciowym czas $t = 1$ s przy układzie Siemens $t = 3,8$ s; temperaturę części przewodzących prąd — początkową $\theta_0 = 25^\circ\text{C}$, końcową $\theta_k = 150^\circ\text{C}$;

b) przy zwarciach zakłócenioowych należy przyjąć: $t = 0,35$ s, $\theta_0 = 150^\circ\text{C}$, $\theta_k = 250^\circ\text{C}$.

Sily elektrodynamiczne należy obliczyć metodą dokładną, uwzględniając sily składowe w trzech kierunkach.

Ciąg szyn na 500 kA należy zaprojektować w taki sposób, aby zmniejszyć do minimum spadki napięć (np. przewody koncentryczne).

Transformatory podwyższające napięcie. Izolacja przepustów transformatorowych powinna być przystosowana do prób jednofazowych przy 220 kV. Uzwojenie górnego napięcia powinno składać się z parzystej liczby sekcji, przełączenia na zaciskach przepustów muszą pozwolić na otrzymanie odpowiednich napięć. Np. 4 sekcje po 17 kV dadzą możliwość wykonywania prób trójfazowych przy 15, 30, 60 i 110 kV oraz jednofazowych przy 220 kV.

Zabezpieczenia głównego wyposażenia.

a) Dla prądnic zwarciowych należy przewidzieć następujące zabezpieczenia: różnicowe, ziemnozwarciowe, nadprądowe z czołowym czasowym, prądowo-zwarciowe, od nadmiernego wzrostu temperatury oleju i powietrza chłodzącego, a oprócz tego kontrolę obiegu oleju i wody chłodzącej.

Zabezpieczenia od uszkodzeń wewnętrznych, a więc zabezpieczenie różnicowe i ziemnozwarciowe powodują: otwarcie wyłącznika bezpieczeństwa, otwarcie wyłącznika silnika napędowego, uruchomienie gaszenia pola, zakrycie zasłon wentylacyjnych prądnicy.

Hamowanie silnika napędowego przy zakłóceniach odbywa się przez włączenie prądu stałego do obwodu stojana. Bateria akumulatorów musi być obliczona pod tym kątem widzenia. Hamowanie zakłócenioowe uruchamia się ręcznie.

b) Transformatory należy zabezpieczyć za pomocą przekątników gazowo-podmuchowych, oraz — od przeciążeń — termometrowych, działających na przekaźnik pomocniczy zabezpieczenia nadprądowego prądnicy. Ze względu na znaczną liczbę niezbędnych połączeń nie ma możliwości zastosowania zabezpieczenia różnicowego transformatorów. Zabezpieczenia prądnicy zabezpieczają również i transformatory przed dłuższym trwającym prądem zwarciowym.

c) Należy przewidzieć ochronę przeciwprzepięciową prądnicy, stosując odpowiednie ochronniki na wszystkich sześciu wyprowadzeniach uzwojeń. Należy również przewidzieć ochronę transformatorów od przepięć łączeniowych.

Uziemienia. Cała powierzchnia laboratorium musi być objęta siatką wspólnych uziemień ochronnych i roboczych o oporności wynoszącej około 1 Ω .

Dla układu drgającego należy przewidzieć ułożone w ziemi szyny miedziane, służące jako przewód powrotny. Uziemienia części maszynowej i uziemienia układu drgającego muszą mieć zdemontowane połączenia.

Sterowanie. Należy przewidzieć uniwersalne urządzenia do samoczynnego programowego sterowania dla wszystkich schematów pracy i cykli prób.

Pomiary zwarciowe. Do rejestracji stanów nieustalonych należy przewidzieć następujące urządzenia: dwukanałowy oscylograf katodowy, dziewięcionieciowy oscylograf magnetyczny, przekładniki napięciowe do 400 kV, dzielniki napięciowe do 400 kV, boczniaki prądowe do 150 kA, aparat fotograficzny do zdjęć bardzo szybkich, urządzenia do rejestracji ciśnienia w cieczach i gazach, rejestratory prędkości części ruchomych. Szczególną uwagę należy zwrócić na ekranowanie połączeń oscylografów.

Układ drgający. Wobec szybkiego rozwoju tej nowej metody badawczej przyjęcie do założeń danych z już opracowanych rozwiązań nie jest możliwe, gdyż one mogą zdezaktualizować się w międzyczasie.

Układ drgający powinien zapewniać możliwość prób o równoważnej trójfazowej mocy zwarciowej do 2000 MVA przy napięciach 6—400 kV w układzie jednoczesnościowości. W układzie dwuczesnościowości lub w układzie z prądnicą zwarciową, wykorzystaną jako źródło prądu, powinna istnieć możliwość uzyskania mocy rzędu 8000÷10000 MVA przy 400 kV.

Wyposażenie układu drgającego będzie orientacyjnie obejmowało:

a) baterię kondensatorów głównego obwodu, składającą się z 600÷1000 jednostek, których parametry będą ustalone przy wykonywaniu projektu; b) dodatkową baterię kondensatorów dla układu dwuczesnościowości; c) dławiki, oporniki i iskierniki ochronne; d) dławiki wysokiego napięcia głównego obwodu; e) układ ładowania.

DR INŻ. MYŚLICKI ANDRZEJ

Inst. Elektr., Zakład Wielkich Mocy

Próby pośrednie wyłączników wysokiego napięcia na zdolność wyłączania

621.316.542.027.3:621.3.064.001.4

Treść. Cel prób pośrednich oraz klasyfikacja zastępczych metod badania wyłączników. Metoda prób poszczególnych elementów wyłączników wieloprzerwowych, metoda rozdzielonych prób prądowych i napięciowych oraz grupa metod syntetycznych. Analiza równoważności prób bezpośrednich i syntetycznych oraz wytyczne oceny wartości prób syntetycznych. — Metoda „układu drgającego” opracowana w ZSRR. Zasada układu drgającego prostego oraz udoskonalonego, pracującego w układzie zastępczym, dwuczłotowościowym.

Косвенные методы испытания выключательной способности выключателей высокого напряжения. Цель косвенных испытаний и классификация методов замещения. Метод испытания отдельных элементов выключателя с несколькими промежуточными, метод отдельных испытаний на напряжение и на ток, группа синтетических методов. Анализ эквивалентности непосредственных и косвенных методов и руководящие указания для оценки синтетических методов. Метод колебательной схемы, разработанный в СССР. Принцип простого колебательного метода и усовершенствованного, основанного на двухчастотной схеме.

Indirect testing of H. T. circuit-breakers for breaking capacity. The purpose of indirect tests and classification of substitute test methods for circuit-breakers. Method of testing individual elements of multibreak circuit-breakers; method of separate tests for current and voltage; group of synthetic test methods. Analysis of the equivalence of direct and synthetic tests, and outlines for the valuation of synthetic tests. „Vibration system” method evolved in the U. S. S. R. Principles of the simple and improved vibration system working in an equivalent double frequency system.

1. Wstęp.

Wielki rozwój sieci elektroenergetycznych, rozbudowa sieci przesyłowych, łączących wielkie układy energetyczne, stały wzrost mocy poszczególnych wytwórni stawiają przed konstruktorami wyłączników coraz większe wymagania.

Powiększenie coraz większej liczby wytwórni w jeden wielki układ elektroenergetyczny i wzrost mocy zainstalowanej dają w wyniku stały wzrost mocy zwarciovych. Wzrost mocy zwarciovych nie daje się zahamować nawet przy zastosowaniu specjalnych środków, jak praca w układach wieloszynowych, powiązania sieci nie bezpośrednio, lecz przez transformatory, eksploatacyjny podział układu itp. Równocześnie wymagania utrzymania współpracy układów idą w kierunku przeciwnym — w kierunku zmniejszenia oporności biernej układów i stosowania wzbudzenia udarowego podczas zwarcia, a więc powiększenia prądów zwarciovych.

Ten wzrost wielkości mocy zwarciovych spowodował, że problem zdolności wyłączenia stał się dla wyłączników podstawowym w ich konstrukcji.

Wszystkie inne problemy, jak zagadnienia izolacji, wytrzymałości termicznej i dynamicznej, zagadnienia konstrukcji napędów wyłączników, stały się w porównaniu z zagadnieniem zdolności wyłączenia drugoplanowymi. Dopiero w konstrukcjach wyłączników na najwyższe napięcia, rzędu 400 kV, obserwujemy wyównanie ważności problemów przez zagadnienie właściwej konstrukcji z punktu widzenia ulotu.

Ponieważ dotąd nie opracowano metod obliczania wyłączników w takim zakresie, aby można było na podstawie rachunku określić ich zdolność wyłączenia, niezbędne są do sprawdzenia zachowania się konstrukcji wyłącznika próby laboratoryjne.

Normalnie dotąd stosowane metody, metody poddawania wyłącznika próbie w warunkach analogicznych do warunków jego pracy w układzie elektroenergetycznym podczas zwarcia, wymagają stosowania coraz większych mocy rozporządzalnych w zaciągowniach, coraz bardziej kosztownych urządzeń. Największe prądnicze zwarciove o mocy typowej rzędu 100—120 MVA mogą dać przy napięciu transformatorowym moc symetryczną zwarciową rzędu 1200—2000 MVA. W wielu zaciągowniach zainstalowano dwie prądnicze zwarciove, pracujące równolegle, co daje praktyczną górną granicę mocy rzędu 4000 MVA.

Dokonywanie prób zwarciovych w układzie jednofazowym nie daje żadnych korzyści z punktu widzenia powiększenia mocy zwarciovych. Jeśli bowiem trójfazową symetryczną moc zwarciovą prądnicę oznaczmy przez $P^{(3)} = 3 UI$, to dwufazowa symetryczna moc zwarciova tej samej prądnicę wyniesie

$$P^{(2)} = \sqrt{3} U_f \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} I = \frac{1}{2} P^{(3)}.$$

Próba jednofazowa wyłącznika musi się odbywać przy napięciu $1,5 U$, a więc odpowiadająca próbie jednofazowej symetryczna moc trójfazowa wyniesie $3 \cdot \frac{1}{1,5} \cdot P^{(2)} = P^{(3)}$.

Z powyższego wynika jasno, że moce zaciągowni są już niewystarczające i nie pozwalają na dokonywanie prób na zdolność wyłączenia z wyłącznikami największych mocy. Dlatego też stało się niezbędne opracowanie innych metod, metod zastępczych, które umożliwiłyby dokonywanie prób sprawdzających zdolność wyłączenia wyłączników. W ciągu ostatnich 25 lat opracowano wiele metod zastępczych, opartych na najróżnorodniejszych zasadach.

2. Klasyfikacja metod zastępczych badania wyłączników wielkiej mocy na zdolność wyłączania.

W odróżnieniu od metody bezpośredniej badania zdolności wyłączenia w układzie, odpowiadającym warunkom pracy wyłącznika przy zwarciu, wszystkie metody zastępcze objęto wspólną nazwą prób pośrednich, jako dających wyniki przez pośrednie pomiary. W 1947 roku Komitet Wyłączników Międzynarodowej Konferencji Wielkich Sieci Elektrycznych (CIGRE) ustalił klasyfikację metod pośrednich.

Zgodnie z przyjętą klasyfikacją prób pośrednie można podzielić na 4 zasadnicze kategorie: a) próby poszczególnych elementów wyłączników wieloprzerwowych, b) rozdzielone próby prądowe i napięciowe, c) próby syntetyczne, d) inne próby pośrednie.

3. Próby poszczególnych elementów wyłączników wieloprzerwowych.

Próby poszczególnych elementów wyłączników można stosować w tych wyłącznikach, których konstrukcja zawiera w każdej fazie połączone osobno identyczne układy gaszące. Próbie może być poddany jeden układ gaszący, podczas próby prąd musi być równy prądowi wyłączeniowemu, natomiast napięcie jest równe części napięcia powrotnego, przypadającego na dany element. W ten sposób można ograniczyć się, zwłaszcza w przypadku wyłączników najwyższych napięć, do znacznie mniejszej mocy rozporządzalnej w zaciągowni. Do stosowania tej metody musi być jednak znany rozkład napięcia na poszczególne urządzenia gaszące zarówno dla stanu ustalonego, jak i dla stanów przejściowych podczas procesu wyłączenia.

Jeżeli w wyłączniku nie są przewidziane opory bocznikujące o dużej oporności, zapewniające wymuszony rozkład napięcia, to podczas procesu wyłączenia w poszczególnych urządzeniach gaszących oporności drogi prądu (oporność łukowa lub potokowa) mogą mieć wartości przypadkowe, co zasadniczo obniża wartość próby, stwarzając przypadkowe rozkłady napięć. Warunkiem koniecznym stosowania metody jest niezależność działania poszczególnych urządzeń gaszących.

Omawianą metodą nie mogą być ładane te konstrukcje wyłączników, w których istnieje wzajemny wpływ poszczególnych elementów; na przykład nie może być poddawany próbie wyłączenia na jednej przerwie wyłącznik pełnoolejowy dwuprzerwowy, ponieważ ciśnienie wytworzone w otoczeniu jednej przerwy wyłącznika wywiera wpływ na przebiegi wyłączeniowe w drugiej przerwie. Z tego powodu na przykład istnieje poważne zastrzeżenie dotyczące metody Biermannsa badania dwuprzerwowych wyłączników jednofazowych olejowych w układzie trójfazowym, ponieważ w układzie tym obie przerwy wyłącznika są włączone na dwa napięcia skojarzone trójfazowe prądnicę, a więc występuje niejednoczesność przebiegów łukowych w obu przerwach.

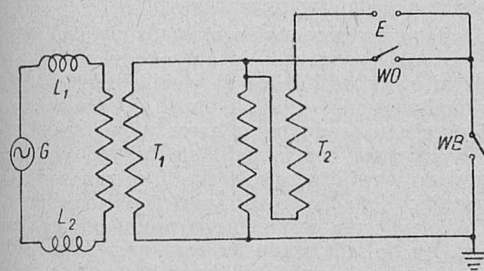
W metodzie badania poszczególnych elementów wyłączających w wyłącznikach wieloprzerwowych należy zwrócić baczną uwagę na to, aby zapewniony był właściwy przebieg, analogiczny do przebiegu w próbie bezpośredniej. W praktyce często odbiega się od tych warunków. Jako przykład można przytoczyć badanie wieloprzerwowego wyłącznika powietrznego. Jeżeli w konstrukcji wyłącznika nie zostały przewidziane specjalne zawory sterujące dla zapewnienia jednoczesności gaszenia łuku we wszystkich komorach, to wystąpi niejednoczesność gaszenia, wywołana opóźnieniem dopływu sprężonego powietrza do najbardziej oddalonych od zbiornika komór. W takim wyłączniku nie można bezkrytycznie przeprowadzać próby na jednej tylko ko-

morze, ponieważ wyniki mogą znacznie odbiegać od rzeczywistych podczas pracy wyłącznika w sieci. Jako przykład rozwiązania można tu przytoczyć propozycję badania równoczesnego dwóch komór, połączonych posobnie — komory o najwcześniejszym i najpóźniejszym działaniu. Przez porównanie wyników z wynikami prób, dokonanych na jednej komorze, można wnioskować o stosowności metody oraz ustalić wpływ nierównomierności działania sprężonego powietrza.

Ze wszystkich metod pośrednich metoda badania poszczególnych części gaszących wyłącznika jest najbardziej zbliżona do metody bezpośredniej przy zachowaniu wszelkich środków, zapewniających odpowiedni przebieg wyłączania podczas próby.

4. Rozdzielone próby prądowe i napięciowe.

Próby te polegają na poddaniu wyłącznika dwukrotnym badaniem: przy prądzie wyłączalnym i napięciu obniżonym oraz przy napięciu znamionowym i prądzie obniżonym w stosunku do prądu wyłączanego.



Rys. 1. Układ syntetyczny Skeatsa

G — prądnica zwarciowa prądu zmiennego
L₁, L₂ — dławiki regulacyjne
T₁ — transformator obwodu prądowego
T₂ — transformator obwodu napięciowego
WB — wyłącznik badany
E — iskiernik obwodu napięciowego
WO — wyłącznik odcinający

Wyłącznik w ten sposób badany nie jest poddawany rzeczywistym warunkom próby na zdolność wyłączania, ponieważ w każdej próbie tylko jeden parametr posiada niezbędną wartość. Pomimo to w pewnych ściśle określonych przypadkach próby tego rodzaju mogą dać pełnowartościowe wyniki. Metoda ta nadaje się do badania wyłączników z własnym gaszeniem łuku, a więc do wyłączników małoolejowych. Dla wyłączników tego typu charakterystyczną cechą jest istnienie prądu krytycznego. Jeśli sporządzić charakterystykę czasu trwania łuku w zależności od wielkości prądu, to okazuje się, że w zakresie stosunkowo niewielkich prądów krzywa posiada maksimum, po czym dla większych prądów czas trwania łuku maleje. Wartość prądu, odpowiadającą największemu czasowi trwania łuku, nazywamy prądem krytycznym. Istnienie prądu krytycznego można łatwo uzmysłowić sobie, jeśli zauważymy, że w wyłącznikach z własnym gaszeniem łuku ciśnienie gazów gaszących wytworzone jest przez przepływający prąd zwarciowy i jest od niego zależne.

W wyłącznikach z własnym gaszeniem łuku zdolność wyłączania zależy od dwóch czynników — od wartości największego prądu, który wyłącznik może wyłączyć, ze względów czysto mechanicznych (siły dynamiczne, ciśnienie gazu wytworzonego przez łuk) oraz od wartości napięcia podczas wyłączania w najtrudniejszych warunkach, w warunkach najdłuższego czasu trwania łuku. Z powyższego wynika, że wyłącznik może być sprawdzony przez dwie próby — próbę wyłączania prądu krytycznego przy napięciu znamionowym oraz próbę wyłączania prądu maksymalnego przy napięciu obniżonym.

Dobór wartości prądu podczas próby przy obniżonym napięciu nie jest sprawą prostą, ponieważ należy skompensować wpływ obniżenia napięcia na zmniejszenie się energii wydzielonej w łuku (wcześniejsze przejście prądu przez zero). W wyniku badań ustalono, że wpływ napięcia na energię nie jest wielki, jest on zależny od konstrukcji wyłącznika. Vogelsanger podał (MKWSE, 1946, ref. 121), że energia łuku jest proporcjonalna do pierwiastka kwadratowego z napięcia powrotnego i do prądu w potęgze 1,2. Na podstawie badań można więc skompensować zmniejszenie napięcia podczas próby przez niewielkie powiększenie prądu w stosunku do prądu wyłączalnego. Należy również wspomnieć, że były propozycje skompensowania obniżenia napięcia przez powiększenie stromości napięcia powrotnego (powiększenie częstotliwości drgań obwodu).

5. Próby syntetyczne.

Próby syntetyczne stanowią następny rodzaj prób pośrednich. Cechą charakterystyczną próby syntetycznej jest współdziałanie podczas próby dwóch odrębnych obwodów — prądowego i napięciowego.

Istnieje bardzo wiele metod syntetycznych, opracowanych przez różnych autorów. Metody te można sklasyfikować na grupy zróżnicowane różnymi rozwiązaniami zasilania układu prądowego i napięciowego.

Układ prądowy może być zasilany: a) z prądnicy zwarciowej o napięciu wystarczającym do podtrzymania łuku, b) z baterii kondensatorów, pracującej w układzie drgającym LC.

Układ napięciowy może być zasilany: a) napięciem z prądnicy zwarciowej obwodu prądowego, podwyższonym przez zastosowanie transformatora, b) napięciem z baterii kondensatorów, tworzącej generator udarowy lub pracującej w układzie drgającym LC o wysokiej częstotliwości drgań własnych.

Przykłady rozwiązań układów syntetycznych podane są na rysunkach. Rys. 1 przedstawia układ z transformatorem podwyższającym (układ Skeatsa opracowany w 1936 r.), rys. 2 przedstawia układ z generatorem udarowym, którego zadziałaniem steruje specjalne urządzenie synchronizujące (układ Marxa opracowany w 1936 r.).

W układzie Skeatsa obwód prądowy jest zasilany przez transformator podwyższający z prądnicy zwarciowej. Dławiki regulacyjne znajdują się w obwodzie pierwotnym (na napięciu generatorowym).

W szereg z wyłącznikiem badanym umieszczony jest wyłącznik pomocniczy, którego zadaniem jest odcięcie obwodu prądowego od obwodu napięciowego. Jako wyłącznik pomocniczy służyć może druga faza wyłącznika badanego. Obwód napięciowy zasilany jest przez iskiernik podwyższonym napięciem zmiennym, otrzymanym z transformatora dodatkowego w obwodzie prądowym. Podczas jednoczesnego wyłączania wyłączników — badanego i pomocniczego — w obu wyłącznikach powstaje łuk. Po przejściu prądu przez zero następuje zapłon iskiernika w obwodzie napięciowym i przerwie łukowa wyłącznika badanego zostaje poddana działaniu napięcia obwodu napięciowego. W układzie Marxa obwód napięciowy jest wyposażony w generator udarowy, złożony z naładowanej pojemności C, oporności R i iskiernika sterowanego. Urządzenie synchronizacyjne steruje zadziałaniem obwodu napięciowego w chwili przejścia prądu w obwodzie prądowym przez zero. Obwód prądowy zawiera filtr LC, odcinający źródło prądu od obwodu generatora udarowego.

Zagadnienie odpowiedniego zsynchronizowania chwili zadziałania obwodu napięciowego w zależności od przebiegu prądu w obwodzie prądowym jest bardzo trudne. Od urządzeń synchronizacyjnych wymaga się wielkiej dokładności, ponieważ od dokładności odtworzenia przebiegu napięcia w otoczeniu przejścia prądu przez zero zależy wartość całej metody.

Należy tu również wspomnieć, że urządzenia synchronizacyjne mogą umożliwiać dowolne opóźnienie działania generatora udarowego, dzięki czemu można otrzymywać charakterystyki wytrzymałości przestrzeni łukowej (polukowej) w funkcji czasu.

Generatory udarowe napięciowe jako źródła napięcia w obwodzie napięciowym nie odtwarzają wiernie przebiegu napięcia powrotnego, wskutek czego zastosowanie ich jest uzasadnione tylko przy założeniu, że ewentualny przeskok i ponowny zapłon łuku mogą zdarzyć się w okresie, odpowiadającym czasowi czoła udaru, co zresztą odpowiada rzeczywistości w większości przypadków.

6. Próby zastępcze wyłączników prądu stałego.

Próby zastępcze wyłączników prądu stałego napotykają znacznie większe trudności niż próby zastępcze wyłączników prądu zmiennego. Jest to zrozumiałe, ponieważ przebieg zjawisk fizycznych w procesie gaszenia łuku prądu stałego jest odmienny.

ny od zjawisk w procesie gaszenia prądu zmiennego. Zasadniczym ułatwieniem w procesie wyłączania prądu zmiennego jest przechodzenie prądu wyłączeniowego przez wartości równe zero.

Zagadnienie prób zastępczych przy badaniu wyłączników prądu stałego sprowadza się do zastąpienia trudnego do zrealizowania i kosztownego urządzenia zasilającego prądu stałego o wielkiej mocy przez inne źródło.

Jedynym opublikowanym rozwiązaniem jest propozycja Chambrillona (Merlin-Gerin) poddawania wyłączników prądu stałego próbie wyłączania w układzie zasilanym z wielkiej prądnic zwarciowej prądu zmiennego, pracującej przy obniżonych obrotach.

Przez obniżenie obrotów uzyskuje się powiększenie czasu przebiegu sinusoidy prądowej w takim stopniu, że cały proces wyłączania zawiera się w granicach jednej czwartej okresu. Autor metody — w wyniku szczegółowej analizy porównania przebiegów przy prądzie stałym i podczas próby prądem zmiennym o obniżonej częstotliwości — podaje wymagania, które muszą być spełnione dla uznania próby zastępczej za odpowiednią.

Oprócz wyżej podanej metody istnieją w literaturze rzadziej wzmianki na temat możliwości wykonywania badań w układzie z baterią kondensatorów o wielkiej pojemności, brak jednak danych, które by wskazywały na bardziej szczegółowe opracowanie zagadnienia.

7. Analiza równoważności prób bezpośrednich i prób syntetycznych.

Jak wiadomo, moc wyłączalna wyłącznika jest pojęciem umownym, dla którego nie ma interpretacji fizycznej. Określa się ją jako iloczyn prądu wyłączalnego, napięcia powrotnego i współczynnika skojarzenia (dla prądu trójfazowego ten współczynnik jest równy $\sqrt{3}$). Interpretacji fizycznej iloczyn nie ma dlatego, że jego czynniki nie występują jednocześnie: prąd wyłączalny występuje w chwili rozwierania się styków wyłącznika, natomiast napięcie powrotne jest to napięcie, powstające między rozłączonymi stykami wyłącznika po zgaszeniu łuku.

Istotnymi parametrami, charakteryzującymi wyłącznik pod względem jego zdolności wyłączania są prąd wyłączalny oraz przebieg napięcia powrotnego od chwili zgaśnięcia łuku aż do ustalenia się procesu wyrównawczego, a praktycznie do pierwszej wartości szczytowej. Istnieją różne propozycje określania przebiegu napięcia powrotnego: przez określenie częstotliwości drgań własnych obwodu lub określenie stromości wzrostu napięcia (umowne przyjmowanie zastępczej stromości w przypadku nakładania się drgań w obwodach o kilku częstotliwościach drgań własnych) oraz amplitudy drgań wyrównawczych. Ostatnio większość autorów skłania się ku metodzie zastępczej stromości wyrażnie jednak podkreślając prowizoryczność metody wyznaczania zastępczej stromości, jako nie opartej na dostatecznym materiale doświadczalnym.

Wszystkie metody syntetyczne badania wyłączników pod względem zdolności wyłączania opierają się na podanej wyżej niejednoczesności występowania prądu i napięcia w procesie wyłączania. Niejednoczesność występowania prądu i napięcia, wstawianego do wzoru umownego na moc wyłączalną, nie oznacza jednak, że przebiegi prądu i napięcia są od siebie niezależne.

Znane jest popularne określenie procesu wyłączania w wyłącznikach jako wyścigu pomiędzy wytrzymałością dielektryczną przestrzeni pomiędzy rozwierającymi się stykami wyłącznika a napięciem powrotnym, pojawiającym się na stykach wyłącznika. Określenie to jest tylko pewnym przybliżeniem i z punktu widzenia naukowego jest nieściśle, chociaż niewątpliwie ma wartość dydaktyczną. Na nieścisłość tego określenia wskazał już w 1933 roku Slepian (EuM, 1933, zesz. 14/15). Swoje twierdzenie o nieścisłości określenia uzasadnia on w następujący sposób.

Pojęcie wyścigu dwóch wielkości możliwe jest tylko w przypadku, gdy wielkości te są wzajemnie niezależne. Przestrzeni pomiędzy stykami wyłącznika nie można jednak traktować jako idealnie przewodzącej do chwili przejścia prądu przez zero i jako idealnego izolatora po chwili przejścia prądu przez zero. W rzeczywistości łuk (przebiegi polukowej) przechodzi od stanu dobrego przewodnictwa do stanu dobrego izolatora przez stan bardzo niedoskonałego izolatora. Ten stan przejściowy trwać może kilkadziesiąt mikrosekund przed przejściem i po przejściu prądu przez zero. Slepian twierdzi dalej, że oporność łuku przed przejściem przez zero jest tak wielka, że można mówić o okre-

ślonej wartości gradientu $\frac{du}{dt}$ jeszcze w czasie przepływu prądu przez wyłącznik, w pobliżu zera. Po przejściu prądu przez wartość zerową wskutek niedoskonałości izolacyjnych własności przestrzeni polukowej prąd może dalej płynąć pod wpływem napięcia powrotnego. Slepian określa wytrzymałość elektryczną w każdej chwili jako wartość napięcia, które — gdyby je nagle doprowadzić — zatrzymałoby wzrost oporności przestrzeni polukowej, a napięcie większe wywołałoby zmniejszenie oporności tej przestrzeni.

Tak więc proces wyłączania w wyłączniku może być traktowany jako wyścig pomiędzy wytrzymałością dielektryczną a napięciem powrotnym z tym zastrzeżeniem, że płynący przez oporność polukową prąd w czasie wzrostu napięcia powrotnego opóźnia dejonizację i wzrost oporności, a więc zmienia przebieg napięcia powrotnego. Istnieją znane przypadki, w których oporność przestrzeni polukowej może tłumić oscylacje obwodu i nie dopuścić do powstania drgań wyrównawczych.

Dla ułatwienia dalszych rozważań wprowadzimy pojęcie wyłącznika idealnego. Jako wyłącznik idealny będziemy uważali wyłącznik, w którym oporność łukowa do chwili przejścia prądu przez zero jest nieskończenie mała i staje się nieskończenie wielka w chwili przejścia prądu przez zero. W wyłączniku takim w procesie wyłączania będzie palił się łuk od chwili rozdzielenia się styków do chwili przejścia prądu przez zero. Łuk ten nie wprowadzając dodatkowej oporności obwodu nie będzie wywoływał odfasowania w przebiegu prądu od jego wartości sinusoidalnej. Po dojściu prądu do zera następuje natychmiastowa dejonizacja przestrzeni polukowej i ponowny zapłon zależy wyłącznie od przebiegu powstawania napięcia powrotnego na przerwie pomiędzy stykami.

W takim wyłączniku (do którego również nie pasuje pojęcie „wyścigu“) będzie zachowany warunek zupełnej niezależności przebiegów przed i po przejściu prądu przez zero. Do takiego wyłącznika można zatem stosować metody syntetyczne, zawierające dwa niezależne od siebie obwody — prądowy i napięciowy.

W wyłączniku rzeczywistym, w którym proces dejonizacji zaczyna się przed przejściem prądu przez zero i rozciąga się na pewien okres czasu po przejściu prądu przez zero, należy rozważyć, czy metody syntetyczne są w stanie zapewnić równoważne przebiegi zarówno przed przejściem, jak i po przejściu prądu przez zero.

Analiza równoważności prób syntetycznych była przedmiotem dyskusji Komitetu Wylącznikowego MKWSE w 1949 roku na podstawie referatu B. Thorena (ASEA). Uzupełniony badaniami doświadczalnymi referat ten był zgłoszony na sesji MKWSE w 1950 r. (nr 121). Autor uzasadnia tam tezę niemożliwości uzyskania ściśle równoważnych warunków próby w układzie syntetycznym.

Układ syntetyczny może być przedstawiony jak na rys. 3. Przyjmijmy następujące oznaczenia dla wskaźników:

- o dla próby bezpośredniej,
- u dla obwodu napięciowego układu syntetycznego,
- i dla obwodu prądowego układu syntetycznego.

Dla wyłącznika idealnego możemy napisać:

- (1) $\frac{e_i}{L_i} = \frac{e_o}{L_o}$ (warunek równości przebiegu prądu wyl.
- (2) $e_u = e_o$ (warunek równości napięcia powrotnego)
- (3) $L_u C_u = L_o C_o$ — amplitudy i częstotliwości).

Przy zachowaniu tych warunków moc układu syntetycznego może być dowolnie mała, musi jedynie pokryć straty w układzie. W wyłączniku rzeczywistym należy uwzględnić wpływ własności przestrzeni łukowej (polukowej) na przebiegi prądu i napięcia.

Przebieg prądu będzie określony równaniem:

$$(4) \quad L_i \frac{di}{dt} + e_i = e_i,$$

w którym e_i oznacza napięcie łuku. Ponieważ w próbie syntetycznej wartość napięcia łuku musi być ta sama, warunek (1) dla prądu jej niewystarczający i w połączeniu z warunkiem (4) może być przedstawiony w postaci:

$$(5) \quad e_i = e_o, \quad L_i = L_o.$$

Powyższy warunek oznacza jednak, że moc obwodu prądowego układu syntetycznego musi być równa mocy wyłączalnej wyłącznika badanego.

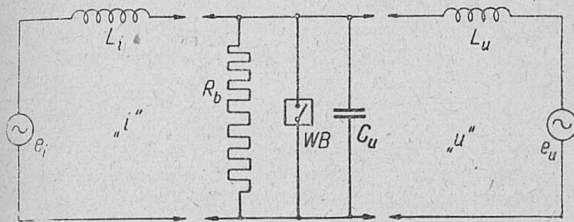
Zajmijmy się z kolei obwodem napięciowym. Włącznik rzeczywisty (nie idealny) ma w okresie powstawania napięcia powrotnego oporność R_b o wartości skończonej, zmiennej w czasie. Napięcie powrotne na wyłączniku może być przedstawione w przypadku wyłącznika o oporności R_b wzorem:

$$e = e_u (1 - e^{-\alpha t} \cos \beta t), \quad (6)$$

gdzie

$$\alpha = \frac{1}{2 R_b C_u}, \quad \beta = \sqrt{\frac{1}{L_u^2 C_u^2} - \frac{1}{4 R_b^2 C_u^2}}.$$

Z powyższego wynika, że warunki (2) i (3) są dla równoważności próby syntetycznej konieczne, ale nie wystarczające. Dla



Rys. 3. Schemat ideowy układu syntetycznego

uzyskania tego samego tłumienia i częstotliwości drgań przy istnieniu oporności $R_b \neq \infty$ warunki sprowadzają się do następujących:

$$L_u = L_o, \quad C_u = C_o, \quad (7)$$

a więc obwód napięciowy układu syntetycznego musi również mieć moc zwarciovą równą mocy wyłączalnej wyłącznika.

Z punktu widzenia teoretycznego jest więc zupełnie niemożliwe uzyskanie pełnej równoważności prób w układzie syntetycznym i prób bezpośrednich, jeżeli moc układu syntetycznego jest mniejsza od mocy wyłączalnej wyłącznika.

8. Praktyczna wartość prób syntetycznych.

Niemożliwość uzyskania pełnej równoważności prób syntetycznych z próbą bezpośrednią nie jest dowodem bezwartościowości metod syntetycznych. Przeciwnie, w ostatnich latach daje się zauważyć coraz większy rozwój metod syntetycznych. Badania teoretyczne i doświadczalne nad metodyką muszą jednak mieć na względzie przede wszystkim uzyskanie możliwie wysokiego stopnia równoważności i możliwie takich samych przebiegów w procesie wyłączania przy próbie syntetycznej, jak podczas próby zwarciowej.

W okresie pracy obwodu prądowego przebieg prądu jest sinusoidalną zniekształconą przez napięcie łuku. Przy wartości napięcia łuku w próbie syntetycznej, równej wartości napięcia łuku w próbie bezpośredniej, przy niższym napięciu obwodu zasilającego przebieg prądu będzie inny — prąd wcześniej osiągnie swą wartość zerową; zmiana przebiegu prądu odpowiada zmianie energii, wydzielonej w łuku, a więc zmianie stopnia jonizacji przestrzeni pomiędzy stykami wyłącznika. Zależnie od tego, jaką różnicę energii, wydzielonej w łuku w próbie bezpośredniej i pośredniej, przyjmijemy jako graniczną wartość dopuszczalną, otrzymamy odpowiednio graniczny wzrost mocy rozporządzalnej układu syntetycznego.

W okresie pracy obwodu napięciowego prąd połukowy wywiera wpływ na przebieg napięcia powrotnego. Jak wynika z poprzednio podanych rozważań, analogiczne tłumienie można uzyskać tylko w przypadku, gdy moc obwodu napięciowego jest równa mocy wyłączalnej wyłącznika, a więc mocy potrzebnej do prób bezpośrednich. Teoretycznie biorąc i tu można by ustalić graniczną wartość różnicy próby bezpośredniej i pośredniej, praktycznie jednak jest to niewykonalne, ponieważ pomiary oporności połukowej są bardzo trudne i znajdują się dopiero w fazie rozwojowej. Dlatego prościej jest dokonać analizy wpływu poszczególnych typów obwodów napięciowych układu syntetycznego na przebieg napięcia powrotnego (układ transformatorowy, układ drgający, układ z generatorem udarowym). Przez zachowanie odpowiednich warunków, dotyczących stałych L_u i C_u obwodu napięciowego, można uzyskać wystarczającą dla praktyki zgodność przebiegów.

Z analizy wpływu napięcia łuku na energię łuku w wyłączniku Thoren na podstawie badań doświadczalnych dochodzi do następujących wniosków:

1. Próby syntetyczne są możliwe w przypadkach badania wyłączników, w których napięcie łuku jest stałe (wyłączniki powietrzne i niektóre typy wyłączników olejowych z komorami

gaszącymi) lub wzrastające liniowo w zależności od czasu (pozostałe typy wyłączników olejowych z komorami gaszącymi).

2. Wyłączniki olejowe bez komór gaszących, w których napięcie łuku wzrasta wykładniczo, nie nadają się do prób syntetycznych ze względu na zbyt duże wartości napięcia łuku.

3. Przy mocy rozporządzalnej, odpowiadającej części mocy wyłączalnej, próby wyłączników wyszczególnionych w p. 1 mogą być dokonywane, jednak im mniejszy jest stosunek mocy rozporządzalnej do mocy wyłączalnej, tym bardziej wzrasta różnica energii łuku i tym wcześniej prąd osiąga wartość zero przed swoim normalnym przejściem przez zero. Skompensowanie zmniejszenia energii łuku w próbie syntetycznej jest możliwe w pewnym zakresie przez powiększenie wartości prądu (w granicach kilku procentów). Tak np. przy próbie bezpośredniej wyłącznika powietrznego na 30 kV i 600 MVA różnica pomiędzy teoretyczną energią a rzeczywistą, wydzieloną w łuku, wynosi 4,8%, przejście zaś prądu przez zero jest wcześniejsze niż w przebiegu sinusoidalnym o 3,6 stopnia elektrycznego. Przy próbie syntetycznej o mocy obwodu prądowego równej 1/2 mocy wyłączalnej odpowiednie wartości wynoszą 9,5% i 6,8 stopni el; przy mocy wynoszącej 1/3 wzrastają do 14% i 10 stopni el, a przy mocy wynoszącej 1/5 wzrastają do 22,5% i 16 stopni el. Przy mocy układu, wynoszącej jedną trzecią części mocy wyłączalnej, można skompensować różnicę energii łuku, wynoszącą 14 - 4,8 = 9,2%, przez powiększenie natężenia prądu o ~ 4,6%, dzięki czemu poprawi się warunki jonizacji.

4. Przy wyższych napięciach, począwszy od 30 kV, warunki stosowania prób syntetycznych są korzystniejsze ze względu na małe napięcie łuku. Oprócz tego wymaganie dokonywania próby jednofazowej przy napięciu 1,5-krotnie zwiększonym również poprawia warunki pracy.

Z rozważań powyższych wynika, że przez zastosowanie układów syntetycznych można uzyskać kilkakrotne zwiększenie mocy rozporządzalnej zwarciowej.

W każdym razie metody syntetyczne należą obecnie traktować bardzo krytycznie ze względu na stosunkowo małe doświadczenie praktyczne w tej dziedzinie. Dopiero dalsze szczegółowe studia nad metodami syntetycznymi przy uwzględnieniu zachowania się poszczególnych typów wyłączników oraz porównanie wyników badań bezpośrednich i pośrednich mogą dać wytyczne do przyjęcia metod syntetycznych jako typowych metod badania wyłączników na zdolność wyłączania.

9. Próby syntetyczne w Związku Radzieckim.

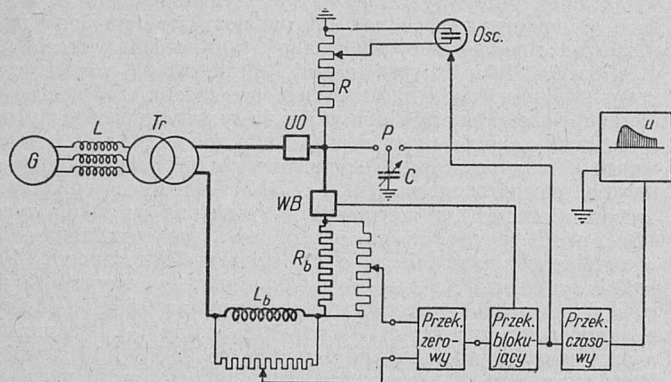
W Związku Radzieckim prace naukowe w zakresie opracowania metod syntetycznych badania wyłączników na zdolność wyłączania poszły w dwóch kierunkach — w kierunku rozwiązania układu syntetycznego z maszyną wirującą i generatorem udarowym oraz w kierunku rozwiązania w układzie drgającym.

Prace były prowadzone równolegle w obu kierunkach i zostały uwięzione powodzeniem. Niżej omówimy wyniki dotychczasowych prac w ZSRR w zakresie układów syntetycznych z maszyną wirującą oraz z układem drgającym.

Układ syntetyczny z maszyną wirującą został opracowany i zrealizowany we Wszechzwiązkowym Instytucie Elektrotechnicznym. Układ ten korzysta w części prądowej układu syntetycznego z prądnicy zwarciowej synchronicznej o mocy znamionowej 15 MVA przy 6,3 kV z transformatorem zwarciowym podwyższającym. Część napięciową układu syntetycznego stanowi generator udarowy napięciowy o napięciu kilkakrotnie przekraczającym napięcie układu prądowego.

Schemat układu z maszyną wirującą jest przedstawiony na rys. 4. Zasada działania tego układu jest następująca. Podczas pracy układu prądowego w obwodzie generator — transformator — wyłącznik badany płynie prąd zwarciowy. Wyłącznik WB otrzymuje impuls na wyłączenie, styki wyłącznika zaczynają się rozchodzić, powstaje łuk, podtrzymywany przez napięcie układu wirującego. Napięcie to jest mniejsze od napięcia pracy wyłącznika, powinno jednak wystarczać do podtrzymania palenia się łuku (napięcie łuku wynosi zależnie od typu wyłącznika kilka — kilkanaście procentów napięcia znamionowego). Po przejściu prądu przez zero łuk gaśnie, urządzenie synchronizacyjne powoduje zadziałanie generatora napięciowego, którego napięcie pojawia się na stykach wyłącznika po zgaśnięciu łuku. Jednocześnie układ odcinający UO uniemożliwia wyłączenie generatora napięciowego na transformator i generator wirujący, stanowiące układ prądowy. Jeżeli wytrzymałość przerwy wyłącznikowej wzrasta szybciej od wzrostu napięcia udarowego na niej, przebiecie nie nastąpi, a więc łuk definitywnie zgaśnie; jeżeli natomiast wytrzymałość przerwy wyłącznikowej jest zbyt mała, nastąpi przebiecie. Próba taka jest właściwa dla

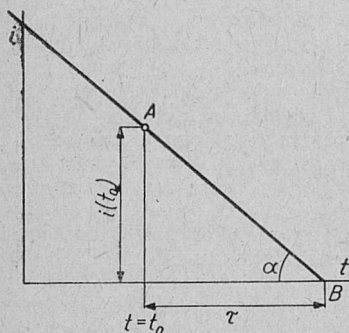
wyłączników, w których gaszenie łuku powinno nastąpić już przy pierwszym łukowym przejściu prądu przez zero. Istnieją jednak typy wyłączników, w których po pierwszym przejściu prądu przez zero następuje ponowny zapłon, a definitywne zgaszenie łuku następuje dopiero po drugim lub trzecim przejściu prądu przez zero. W takim przypadku próba w układzie synte-



Rys. 4. Schemat układu syntetycznego z generatorem udarowym, opracowanego we Wszechzwiązkowym Instytucie Elektrotechniki (WEI)

tycznym musi przebiegać nieco inaczej. Zapłon generatora udarowego powinien w takim przypadku nastąpić nie przy pierwszym przejściu prądu przez zero, ale przy drugim lub trzecim. Dla umożliwienia tego warunku w układzie synchronizującym przewidziano specjalne urządzenie.

Najtrudniejszym do wykonania elementem w omawianym układzie syntetycznym jest urządzenie synchronizacyjne. Zadanie układu synchronizacyjnego sprowadza się do spowodowania zadziałania układu napięciowego (generatora udarowego) we właściwym momencie tak, aby odtworzyć w czasie taki przebieg prądu i napięcia, jaki w rzeczywistości występuje w procesie wyłączania prądu zwarciovego. Zadanie to jest bardzo trudne ze względu na to, że wymagana jest wielka dokładność synchronizacji chwili zaniku prądu łuku i przebiegu przestrzeni iskrowej P, otwierającej drogę wyładowaniu generatora udarowego. Chwila zgaszenia łuku zależy od wielu czynników, których z góry nie da się ustalić, prąd bowiem w obwodzie łukowym w pobliżu przejścia przez zero ulega odkształceniu od przebiegu sinusoidalnego i przechodzi przez zero wcześniej. Jednak nawet w przypadku, kiedy udałoby się uchwycić dokładnie chwilę przejścia przez zero prądu, jeszcze przed chwilą zadziałania generatora napięciowego wystąpi opóźnienie czasowe, na które złożą się czasy własne urządzeń synchronizujących, a więc dla uzyskania impulsu napięciowego w chwili przejścia prądu



Rys. 5. Przebieg prądu w pobliżu zera

przez zero należałoby uzyskać impuls sterujący jeszcze przed przejściem prądu przez zero.

Na pierwszy rzut oka warunek uzyskania impulsu na określony czas, rzędu kilkudziesięciu mikrosekund, przed przejściem przez zero prądu, które może wystąpić w granicach kilkuset mikrosekund, wydaje się nierealny. A jednak warunek ten został zrealizowany w postaci nadzwyczaj prostego przekątnika zerowego przez inż. Czernyszowa we Wszechzwiązkowym Instytucie Elektrotechnicznym. Przekątnik zerowy składa się z oporności R i indukcyjności L, umieszczonych w głównym obwodzie zwarciovym, oraz prostego przekątnika elektronowego, reagującego na zanik napięcia.

Rys. 5 przedstawia przebieg prądu w pobliżu zera. Z dużą dokładnością można przedstawić przebieg prądu od chwili t_0 , w której ma powstać impuls na zadziałanie układu napięciowego, do chwili $(t_0 + \tau)$, w której prąd przechodzi przez zero, jako linię prostą. Możemy więc napisać dla chwili t_0 :

$$i(t_0) + \tau \left(\frac{di}{dt} \right)_{t=t_0} = 0.$$

Jeżeli potrafimy stworzyć układ, który by mierzył wielkość $i(t) + \tau \frac{di}{dt}$ i reagował przy osiągnięciu przez nią wartości 0, to zadanie byłoby rozwiązane i byłaby uchwyciona chwila występująca τ mikrosekund przed przejściem prądu przez zero.

Układ taki zrealizowany jest przez element RL, z którego zdejmujemy się spadki napięcia na oporności i indukcyjności. Układ mierzy więc

$$U = K_1 i(t) R + K_2 \cdot L \frac{di(t)}{dt}$$

Zadziałanie przekątnika zerowego następuje w chwili $U = 0$, tzn. gdy

$$K_1 i(t) R + K_2 L \frac{di(t)}{dt} = 0$$

lub

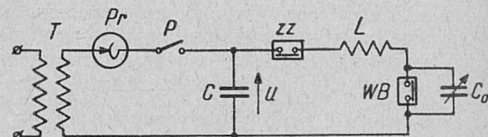
$$i(t) + \frac{K_2}{K_1} \cdot \frac{L}{R} \cdot \frac{di(t)}{dt} = 0.$$

Łatwo stwierdzić przez porównanie wzorów, że

$$\tau = \frac{K_2}{K_1} \cdot \frac{L}{R} \text{ (sek.)}.$$

Jeżeli spadki napięć na indukcyjności i oporności są małe, można być zastosowany wzmacniacz napięciowy, zapewniający dokładną pracę przekątnika zerowego.

Układ ten stanowi najistotniejszą część metody syntetycznej, ponieważ zapewnia właściwą synchronizację obwodów prądowego i napięciowego.



Rys. 6. Schemat ideowy układu drgającego prof. Goriawa

- T — transformator układu ładowania
- P — lampa prostownicza układu ładowania
- P — wyłącznik układu ładowania
- C — bateria kondensatorów
- L — cewka indukcyjna obwodu drgającego LC
- WB — włącznik badany
- ZZ — złącznik zwarciovym
- C₀ — pojemność do regulacji stromości napięcia powrotnego

Układ synchronizacyjny wyposażony jest, poza omówionym przekątnikiem zerowym, w element przekątnikowy blokujący zadziałanie przed powstaniem łuku (aby wyładowanie generatora udarowego nie nastąpiło po przejściu prądu przez zero jeszcze przed rozwarciem się styków wyłącznika) oraz w element opóźniający (przekątnik czasowy), umożliwiający dowolne przesuwanie w osi czasu chwili wyładowania obwodu napięciowego.

Ważnym zagadnieniem jest również dobór odpowiedniej biegunowości udaru napięciowego, zgodnej z rzeczywistym kierunkiem przebiegu napięcia powrotnego. Zapewnienie właściwej biegunowości można uzyskać przez zastosowanie dwóch generatorów udarowych o przeciwnej biegunowości.

W opisanym układzie, zawierającym w obwodzie prądowym generator synchroniczny o mocy znamionowej 15 MVA (moc zwarciovą rzędu 400 MVA) i w obwodzie napięciowym generator udarowy, wykonano próby przy mocach rzędu 3000 MVA.

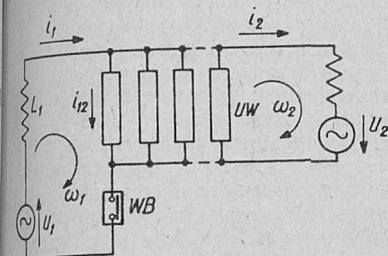
Drugim kierunkiem rozwojowym w metodzie prób syntetycznych wyłączników na zdolność wyłączalną było w ZSRR opracowanie się na teorii układu drgającego LC.

Jak wiadomo, prąd zwarciovym w układach elektroenergetycznych ma charakter wybitnie indukcyjny i energia wydzielona w obwodzie zwarciovym bywa stosunkowo mała. Fakt ten pozwolił na wyzyskanie do prób zwarciovych układu pojemności i indukcyjności o częstotliwości rezonansowej równej częstotliwości technicznej. Energia nagromadzona w pojemności musi być wystarczająco duża dla pokrycia strat energii w oporności obwodu (łącznie z łukiem).

Zasada układu drgającego, ogłoszona w 1939 r. przez Gesse na [4] jest następująca (rys. 6). Bateria kondensatorów C ładuje się do napięcia U prądem stałym z układu prostowniczego lampowego, zasilanego przez transformator. W obwodzie wyładowania znajduje się indukcyjność L (wykonana jako cewka

bez żelaza), wyłącznik badany WB oraz załącznik zwarcio-
ZZ. Pomocnicza bateria kondensatorów C_0 służy do regulacji
częstotliwości napięcia powrotnego.

Moc źródła zasilającego w układzie może być stosunkowo
mała, ponieważ dopuszczalny jest dłuższy czas ładowania ba-
terii (nawet do kilkunastu minut). Bardzo ważną natomiast
sprawą jest zapewnienie możliwie małej oporności obwodu zwar-
ciowego, aby tłumienie było możliwie małe. Przy małej wartości
tłumienia napięcie baterii maleje wolno i uzyskana po kilku



Rys. 7. Schemat ideowy układu dwuczęstotliwościowego

okresach trwania zwarcia wielkość napięcia powrotnego niewiele
różni się od napięcia ładowania. Jeżeli tłumienie jest większe,
należy nieco zwiększyć napięcie ładowania w stosunku do na-
pięcia pracy, aby uzyskać właściwą wartość napięcia powrotnego
po zgaśnięciu łuku.

Pojemność C w układzie drgającym stanowi bateria konden-
satorów wysokiego napięcia. Ze względu na warunki pracy ukła-
du wymagania techniczne dla kondensatorów są znacznie lżejsze
od wymagań technicznych dla kondensatorów wysokiego na-
pięcia do poprawy współczynnika mocy. Kondensatory te nie pra-
cują bowiem trwale, a więc nie muszą być odporne na starzenie
się; nie pracują w układach elektroenergetycznych, nie są więc
narażone na przepięcia pochodzenia atmosferycznego i łącze-
niowego. W Leningradzkim Instytucie Politechnicznym opra-
cowano 3 typowe konstrukcje kondensatorów do układu drga-
jącego o następujących danych:

Typ	Napięcie pracy (kV)	Napięcie probieczne (kV)	Wymiary (cm)	Energia jed- nostkowa (Ws/dcm ³)
K3	70,5	100	45×80×125	13,2
K4	80	150	45×80×125	17,1
K5	15	20	14×35×39	58,8

Indukcyjność L miewa rozwiązanie konstrukcyjne w postaci
dławika powietrznego lub też dławika bez żelaza, umieszczone-
go w oleju. Koszt budowy układu do prób wyłączników na zasa-
dzie układu drgającego jest kilkakrotnie niższy od kosztu bu-
dowy laboratorium z prądnicą synchroniczną. Na podstawie da-
nych radzieckich koszt układu drgającego wynosi 20—25%
kosztu układu z prądnicą synchroniczną przy tej samej wartości
uzyskiwanej mocy zwarciowej. Należy jednak zwrócić uwagę,
że układ drgający umożliwia wykonywanie jedynie prób jedno-
fazowych, a więc nie pokrywa całego zakresu typów wyłączni-
ków i ogranicza się do tych przypadków, w których procesy
wyłączania w poszczególnych biegach nie wywierają wz-
ajemnego wpływu. Stąd wynika, że przy pomocy układu drga-
jącego nie jest możliwe poddawanie próbom na zdolność wy-
łączania wyłączników olejowych trójfazowych jednokotłowych.

Zastosowanie układu drgającego jest również ograniczone
w przypadkach gaszenia łuku przez wtrącanie w obwód łuku
oporności, albowiem zbyt wielka wartość oporności wtrąca-
nej w obwód może — przy przekroczeniu wartości oporności kry-
tycznej — spowodować aperiodyczny przebieg wyładowania
i wyniki próby będą niemiernodajne.

Układ drgający nie może także odtworzyć prądu zwarcio-
wego niesymetrycznego.

Zaletą układu drgającego jest możliwość przełączania kon-
densatorów po naładowaniu ich i uzyskiwanie przez to różnych
wartości napięć, co redukuje w znacznym stopniu stosowanie
transformatora podwyższającego, stanowiącego nieodzowną
część układu z prądnicą synchroniczną.

Próby na zdolność wyłączania w cyklach „załączanie —
wyłączanie — załączanie — wyłączanie” mogą być dokonywa-
ne wówczas, kiedy czas pomiędzy wyłączeniem i włączeniem
będzie wystarczający do podładowania baterii kondensatorów.
Z reguły jest to możliwe przy czasie przerwy 180 sek. Jeżeli na-
tomiast przerwa trwa 15 sek., wykonanie próby jest możliwe tyl-
ko wtedy, jeżeli rozporządzamy drugą baterią kondensatorów,
którą ładuje się uprzednio, a po wyłączeniu badanego wyłącz-
nika przełącza się przed jego ponownym włączeniem.

Poważną zaletą układu drgającego jest możliwość dokony-
wania prób na prądzie stałym, jeżeli przez odpowiedni dobór
parametrów obwodu zapewni się aperiodyczny przebieg wyła-
dowania.

Baterię kondensatorów można wreszcie wyzyskać jako ele-
ment składowy generatora udarowego prądowego lub napięcio-
wego.

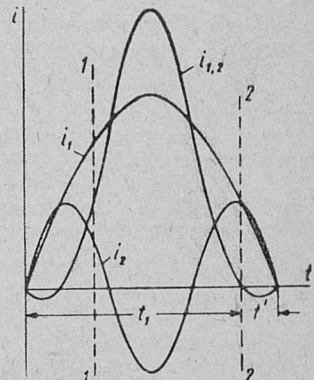
Koszty eksploatacji układu drgającego są znacznie niższe
od kosztów eksploatacji układu z prądnicą synchroniczną z uwa-
gi na prostotę układu oraz mniejsze zużycie mocy i energii. Tak
np. zużycie energii na wykonanie jednej próby na zdolność wy-
łączania w układzie drgającym wynosi zaledwie 1% zużycia
energii w układzie wirującym.

W Związku Radzieckim na podstawie analizy kosztów budowy
i eksploatacji układów drgających ustalono, że układ drgający
o mocy zwarciowej rzędu 2000 — 3000 MVA opłaca się realizo-
wać w każdym wielkim zakładzie, produkującym przyrządy roz-
dzielcze wysokiego napięcia.

Opisany wyżej układ drgający nie stanowi układu syntetycz-
nego, ponieważ moc zwarciowa w układzie wyrażona w MVA
jest rzeczywistą wielkością mocy wyłączeniowej wyłącznika ba-
danego. Układ ma tylko jedno źródło energii i w pełni odpo-
wiada wymaganiom technicznym próby wyłączników na zdol-
ność wyłączania.

Szybki rozwój energetyki w Związku Radzieckim i związany
z tym wzrost mocy zwarciowych postawił przed konstruktorami
wymagania co do konstrukcji wyłączników o zdolności wyła-
czania rzędu 5—8—10 tys. MVA. Na tak wielkie moce budowa
układów drgających według opisanej zasady była już nieośla-
calna.

W Leningradzkim Instytucie Politechnicznym opracowano
udoskonalony układ drgający, łączący w sobie zasady układu
drgającego LC oraz układu syntetycznego, nazwanym dwuczęsto-
tliwościowym układem drgającym. Zasada działania tego ukła-
du jest następująca (rys. 7). Układ składa się z dwóch obwo-
dów: obwodu L_1C_1 o częstotliwości przemysłowej ω_1 (obwód
ten zawiera wyłącznik badany WB i urządzenie wyłączające UW)
oraz obwodu L_2C_2 o częstotliwości ω_2 stanowiącej nie-
parzystą wielokrotność częstotliwości ω_1 . Obwód pierwszy
stanowi właściwy obwód prądowy, obwód drugi — część ob-
wodu napięciowego. Napięcia ładowania pojemności wynoszą
odpowiednio U_1 i U_2 . Indukcyjności są dobrane tak, aby
był zachowany stosunek: $U_1/U_2 = L_1/L_2$. W pierwszym
obwodzie płynie prąd i_1 , w drugim i_2 . Przez urządzenie wyłą-
czające UW płynie prąd i_{12} , będący różnicą prądów i_1 i i_2 .
Przebieg prądów przedstawiony jest na rys. 8.



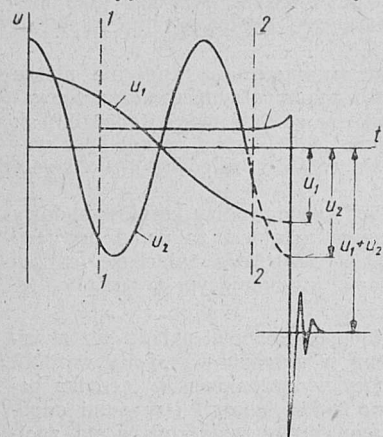
Rys. 8. Przebieg prądów w układzie dwuczęstotliwościowym; oznaczenia prądów jak na rys. 7

Z analizy wynika, że prąd i_{12} przechodzi przez zero o czas
 t_0 przed przejściem prądu i_1 przez zero. W chwili przejścia pra-
du przez zero urządzenie UW uniemożliwia ponowny załpion
i układ przekształca się w jeden obwód, w którym szeregowo
zostały włączone pojemności C_2 i C_1 oraz indukcyjności L_1 i L_2 .
Na wyłączniku badanym pojawia się więc napięcie $U_1 + U_2$.
dobre odpowiednio do potrzeb prób. Urządzenie to pozwala
w zasadzie na badanie wyłączników gaszących łuk w pier-
wszym półokresie, jednak może być również wzwskane do ba-
dania wyłączników o większym czasie gaszenia łuku.

Jeżeli po przejściu prądu przez zero w wyłączniku badanym
WB łuk nie zgaśnie, to otwarte urządzenie wyłączające UW
musi być zbrocznikowane przez UW₂, które z kolei przerwie ob-
wód przy drugim przejściu przez zero prądu i_{12} i przełączy układ
na szeregowy. Podobnie można uzyskać trzeci, czwarty i dal-
sze półokresy przepływu prądu zależnie od potrzeby.

Rys. 9 przedstawia przebiegi napięć i prądów w dwuczęsto-
tliwościowym układzie drgającym. Z rysunku widać, że w chwi-
li 2—2 gaśnięcie łuk w urządzeniu wyłączającym UW i układ
przekształca się w pojedynczy obwód z posobnie połączonymi
pojemnościami C_1 i C_2 oraz indukcyjnościami L_1 i L_2 . Prąd pły-
nący przez wyłącznik początkowo do chwili zgaśnięcia łuku
w UW jest określony wyłącznie przez parametry obwodu L_1C_1 .

a po zgaśnięciu przez parametry $\frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$ i $L_1 + L_2$. Stąd występuje pewnie załamanie krzywej prądu. Doświadczenia radzieckie wskazują, że załamanie to, wynoszące w praktycznych przypadkach mniej niż 13% stromości prądu i_1 w chwili przełączenia, nie ma znaczenia na przebiegu procesu wyłączania. Jak widać z rysunku, układ odwzorowuje w rzeczywistości przebieg napięcia powrotnego w procesie wyłączania.



Rys. 9. Przebieg w układzie dwuczęstotliwościowym

Oznaczmy odpowiednio wskaźnikami 1 parametry obwodu głównego i wskaźnikami 2 parametry obwodu pomocniczego. Energia całkowita $W = W_1 + W_2$ w pewnej skali przedstawia koszt baterii kondensatorów, ponieważ można przyjąć, że koszt na jednostkę zmagazynowanej energii jest wielkością stałą.

Dla układu dwuczęstotliwościowego pracującego przy

$$U_2 = nU_1 \text{ i } \omega_2 = m \cdot \omega_1$$

otrzymamy:

$$P_2 = (U_1 + U_2) \cdot I_1 = U_1(n+1) \cdot U_1 \omega_1 C_1 = U_1^2 \omega_1 C_1 (n+1).$$

W układzie tym muszą być zachowane warunki:

$$\frac{U_1}{L_1} = \frac{U_2}{L_2} \quad \text{ i } \quad m^2 L_2 C_2 = L_1 C_1;$$

stąd otrzymamy $C_2 = \frac{1}{m^2 n} \cdot C_1$. Ponieważ bateria C_2 musiała być zestawiona z kondensatorów na napięcie U_1 , pojemność jej przy tym napięciu wyniesie $C'_2 = n^2 C_2$.

W układzie jednoczęstotliwościowym otrzymalibyśmy moc

$$P_1 = U_1^2 \omega_1 C = U_1^2 \omega_1 (C_1 + n^2 C_2) = U_1^2 \omega_1 C_1 \left(1 + \frac{n}{m^2}\right) = U_1^2 \omega_1 C_1 \cdot \frac{m^2 + n}{m^2}.$$

Wzrost mocy wyrazi się stosunkiem

$$K = \frac{P_2}{P_1} = \frac{U_1^2 \omega_1 C_1 (n+1)}{U_1^2 \omega_1 C_1 \cdot \frac{m^2 + n}{m^2}} = \frac{m^2 (n+1)}{m^2 + n}.$$

Zalóżmy $n = 6$ i $m = 3$; wtedy $K = \frac{3^2 (6+1)}{3^2 + 6} = \frac{9 \cdot 7}{9+6} = 4,2$.

Jeżeli mamy do dyspozycji 364 kondensatory typu K3 (2,4 μ F, 50 kV), to przy próbie w układzie jednoczęstotliwościowym uzyskamy:

$P_1 = U_1^2 \omega_1 C_1 = (50 \cdot 10^3)^2 \cdot 314 \cdot 364 \cdot 2,4 \cdot 10^{-6} = 685 \text{ MVA}$,
a przy próbie dwuczęstotliwościowej i przy napięciu $\frac{400}{\sqrt{3}} \cdot 1,5 = 350 \text{ kV}$ (próba dla aparatury 400 kV) otrzymamy moc $P_2 = 4,2 \cdot 685 = 2880 \text{ MVA}$.

Układ dwuczęstotliwościowy został następnie udoskonalony przez zastosowanie urządzenia, synchronizującego zadziałanie układu pomocniczego $L_2 C_2$. W układzie takim, przedstawionym na rys. 10, prąd w układzie pomocniczym przepływa w ciągu tylko jednego półokresu, dzięki czemu znacznie zmniejsza się tłumienie napięcia U_2 , a więc lepiej wykorzystuje się energię zmagazynowaną w układzie. Należy tu również wspomnieć, że przy zastosowaniu urządzenia synchronizującego odpada konieczność dostrojenia częstotliwości drgań obwodu pomocniczego $L_2 C_2$ do wartości, równej nieparzystej wielokrotności i często-

ściwości drgań układu $L_1 C_1$, co znacznie ułatwia wykonanie próby oraz stwarza mniejsze wymagania w zakresie stopnia regulacji indukcyjności L_2 .

Jeżeli wyłącznik nie zgasi prądu przy pierwszym przejściu przez zero przy częstotliwości przemysłowej, układ synchronizujący nastawia się od razu tak, aby prąd w obwodzie wtórnym popłynął przed drugim lub trzecim przejściem prądu przez zero w obwodzie głównym. Przy takiej metodzie prowadzenia próby istnieje możliwość zgaśnięcia łuku po przejściu przez zero prądu jeszcze przed nastawionym zadziałaniem układu pomocniczego, ponieważ napięcie układu głównego U_1 może okazać się zbyt niskie. W takich przypadkach istnieje możliwość wprowadzenia do układu pomocniczych urządzeń, mających na celu sztuczne podtrzymanie palenia się łuku w badanym wyłączniku przy pierwszych przejściach prądu przez zero.

Zagadnienie doboru wartości napięcia U_1 w układzie jest bardzo ważne. Jak wynika z przytoczonych wyżej obliczeń, z układu można uzyskać tym większą moc, im mniejsze będzie napięcie U_1 . Z drugiej jednak strony należy pamiętać, że napięcie U_1 nie można zbyt obniżyć, aby nie wywołać niepożądanego okształcenia prądu pod wpływem obniżonego napięcia.

W wyniku badań laboratoryjnych stwierdzono, że układ dwuczęstotliwościowy bez specjalnych urządzeń do podtrzymywania palenia się łuku w wyłącznikach, w których czas gaszenia jest większy od jednego półokresu, pozwala na zwiększenie 3–6-krotnie mocy w porównaniu z układem jednoczęstotliwościowym. W przypadkach szczególnych, przy badaniach wyłączników o czasie gaszenia wynoszącym 1/2 okresu, dla typów wyłączników o niskim napięciu łuku można uzyskać 12-krotne zwiększenie mocy.

Należy zwrócić uwagę, że koszty przebudowy układu jednoczęstotliwościowego na układ dwuczęstotliwościowy są niewielkie i dają ogromne korzyści, wyrażające się w kilkakrotnym zwiększeniu mocy laboratoryjnej.

Układy drgające – zarówno jedno- jak i dwuczęstotliwościowe – mają wielką zaletę, która ma szczególne znaczenie dla nas: składają się z poszczególnych elementów, co umożliwia wykonanie prób laboratoryjnych na małej liczbie kondensatorów, a stopniowe zwiększanie ich liczby pozwala na ciągłe powiększanie mocy rozporządzalnej laboratorium. Układy drgające nie wymagają więc na początek znacznych nakładów inwestycyjnych, a to umożliwia racjonalne rozłożenie środków na poszczególne lata nie wstrzymując uruchomienia laboratorium. Oprócz tego szybki rozwój nowych metod syntetycznej, opartej na układach drgających, pozwala przypuszczać, że wyzyskanie energii układu będzie coraz większe i bez poważniejszych nakładów inwestycyjnych będzie możliwe powiększanie mocy rozporządzalnej laboratorium.

LITERATURA

- a) W zakresie układu drgającego
 - [1] Babikow M. A. Sowieckie elektryczne aparaty wysokowoltowe, Gosenergoizdat, Moskwa, 1950 (na str. 201–203 podano opis kondensatorów układu drgającego Leningradzkiego Instytutu Politechnicznego).
 - [2] Technika wysokich napiężeń pod obszczej redakcją L. I. Sirotin-skova, Gosenergoizdat, Moskwa, 1951 (na str. 281–282 podano opis układu drgającego prof. Goriewa).
 - [3] Elektryczeskaja czast' stanca i podstanca pod red. A. A. Glazunowa, Gosenergoizdat, Moskwa, 1951 (na str. 124–125 podano opis układu drgającego).
 - [4] Gessen W. J. O spiecjalnoj schiemie dla ispytanij wysokowoltnych wykluczatelej na razrywnuju moszcznost'. Elektricestwo, 1939, 12, str. 31.
 - [5] Kaplan W. W. i Naszatyj W. M. Schiema elektryczeskowo sdiwaga naczała prochozhdienja toka. Elektricestwo, 1950, 2, str. 76.
 - [6] Czernyszew N. M. Schiema synchronizacii dla ispytanija wysokowoltnych wykluczatelej w iskustwiennom rieziemie. Elektricestwo, 1950, 4.
 - [7] Goriew A. A., Kaplan W. W. i Naszatyj W. M. Dwuchczastotnoj kolebatelnyj kontur dla ispytanija swierchmoszcznych wysokowoltnych wykluczatelej na otkluczajuszczuju sposobnost'. Elektricestwo, 1951, 6, str. 5.
 - [8] Dyskusja na temat układów syntetycznych z generatorem udarowym i układów drgających dwuczęstotliwościowych w związku z [7]. Elektricestwo, 1952, 4, str. 84.
- b) W zakresie prób pośrednich

Obszerny wykaz bibliograficzny znajduje się w referatach E. Vogel-sangera, CIGRE, 1948, ref. 122 i CIGRE, 1950, ref. 147.

MGR INŻ. PODGÓRSKI ANDRZEJ
Inst. Elektr.

Doświadczenia z eksploatacji zwarciowni sieciowych

621.316.1:621.3.064.1.001.5(091)(438)

Treść. Rys historyczny wykonanych w kraju prób zwarciowni aparatury rozdzielczej ze wskazaniem trudności związanych z ich realizacją. Opis typowej prowizorycznej zwarciowni sieciowej niskiego napięcia oraz warunków i sposobu jej eksploatacji.

Эксплуатационный опыт в сетевых испытаниях на короткое замыкание. Обзор испытаний, которым была подвергнута распределительная аппаратура, с указанием связанных с ними затруднений. Описание типичной временной сетевой испытательной станции, а также условий и способа ее эксплуатации.

Operation experience with short-circuit test stations obtaining current from public supply. Historical review of switchgear tests carried out in Poland, and handicaps in implementing them. Description of a typical temporary L. T. short-circuit test station obtaining current from public supply. Conditions and means of operating it.

1. Wstęp.

Zadania powstałe bezpośrednio po wojnie przed naszym odbudowywaniem i rozwijaniem się przemysłem aparatów elektrycznych oraz przed energetyką wymagały niejednokrotnie dokonywania prób zwarciownych dla zbadania nowo opracowanych konstrukcji lub sprawdzenia właściwości znajdujących się w eksploatacji urządzeń. Nasze ówczesne doświadczenie w wykonywaniu takich prób było raczej nikłe, gdyż przed wojną polskie konstrukcje aparatury rozdzielczej były badane w zwarciowni obcej — holenderskiej. Przed techniką naszą wyłoniło się więc poważne zagadnienie organizowania i wykonywania prób zwarciownych jedynie na podstawie ogólnikowych wskazówek i opisów uczestników prób przedwojennych oraz na podstawie niezbyt szczegółowego materiału zawartego w literaturze technicznej.

Trudności potęgowała ta okoliczność, że dla uzyskania odpowiedniej mocy wypadło niejednokrotnie wykonywać próby w nietypowych warunkach zwarciownych, tj. w zupełnie nieprzystosowanych do tego celu rozdzielniach wielkich zakładów przemysłowych, przy konieczności bezwzględnego utrzymania ich normalnego ruchu, a więc z wykluczeniem możliwości wszelkich zakłóceń pracy podczas prób.

Związane to było jednocześnie z koniecznością stosowania jako tzw. „wylączników bezpieczeństwa” przestarzałych wyłączników — przeważnie o nie znanych bliżej właściwościach, o nie znanym okresie i charakterze ich dotychczasowej eksploatacji — oraz z koniecznością zasilania zwarć z nieprzystosowanych do tego celu prądnic i transformatorów, które niejednokrotnie od lat były w ruchu bez przeglądu.

Jeżeli skojarzyć wszystkie te czynniki ze swoistymi trudnościami techniki pomiarowej przy wykonywaniu zdjęć oscylograficznych podczas prób zwarciownych oraz z koniecznością przestrzegania warunków bezpieczeństwa i higieny pracy w nader prymitywnych często warunkach huty czy kopalni, to można ocenić ogrom wysiłków włożonych w te pierwsze w kraju próby. Z dokonanych badań uzyskano cenny materiał doświadczenia dla organizowania dalszych prób tego rodzaju.

Dzięki starannemu przestrzeganiu niezbędnych środków ostrożności z punktu widzenia bezpieczeństwa pracy i pewności ruchu wyrobiliśmy sobie właściwy zmysł oceny realnego niebezpieczeństwa w danych warunkach prób sieciowych i nauczyliśmy się stosować właściwe środki ochrony, a analiza popełnianych błędów i usterek stanowiła bodziec do szukania już własnych — doskonalszych — rozwiązań technicznych i metod pracy.

Obecnie 3 osoby wykonywają w ciągu 2 dni takie próby zwarciowe, nad którymi początkowo 8 osób pracowało w ciągu tygodnia. Uzyskanie właściwego zestawienia kolejności impulsów w układzie sterowniczym pochłaniało przy pierwszych próbach około 12 godzin pracy i wymagało wielu zdjęć oscylograficznych; obecnie praca taka wymaga około 2 godzin oraz 2 — 3 zdjęć oscylograficznych.

Dużą pomocą przy dalszej organizacji prób zwarciownych były delegacje służbowe przedstawicieli Instytutu Elektrotechniki do Związku Radzieckiego, gdzie w zwarciowni W. E. I. zapoznali się oni z rozwiązaniem wielu istotnych dla nas zagadnień.

Możliwość systematycznej eksploatacji budowanego obecnie laboratorium niskich napięć Instytutu Elektrotechniki niewątpliwie będzie podstawą do wprowadzania dalszych udoskonaleń technicznych i usprawniania metod pracy w tej nowej dla nas gałęzi techniki.

Próby zwarciowe aparatury elektrycznej mają doniosłe znaczenie zarówno dla przemysłu, jak i energetyki. Możliwość systematycznego badania różnych wariantów nowych konstrukcji aparatury, opracowywanych w biurach konstrukcyjnych zakładów wytwórczych, stanowi niezbędny warunek wprowadzania do produkcji nowych typów aparatury wysokiej jakości oraz zapewnia właściwy kierunek rozwoju własnej myśli konstruktorskiej. Z dru-

giej strony możliwość okresowego sprawdzania w warunkach zwarciownych różnych przyrządów rozdzielczych z produkcji bieżącej gwarantuje wysoką jakość produkcji, umożliwia właściwą ocenę wprowadzanych usprawnień (np. w dziedzinie oszczędności materiałów, uproszczenia procesów technologicznych itd.) oraz daje użytkownikowi wytyczne właściwego doboru przyrządów dla danych warunków pracy.

Należy zaznaczyć, że takie np. sprawy, jak modernizacja przestarzałych znajdujących się w eksploatacji wyłączników olejowych, przystosowanie wyłączników do pracy z samoczynnym ponownym załączaniem, wprowadzenie załączników na zwarcie, przewidzianych jako oszczędnościowe zabezpieczenie transformatorów na wydzielonych odpywach linii najwyższych napięć, i inne, byłyby niemożliwe do rozwiązania bez prób zwarciownych, jako niezbędnego czynnika warunkującego postęp techniczny w konstrukcji przyrządów rozdzielczych.

Dobór miejsca do wykonywania zwarciownych prób sieciowych i określenie terminu prób są dość trudne. Duże na ogół zapotrzebowanie mocy zwarciowej nakazuje korzystać do prób z układów sieciowych w okręgach silnie uprzemysłowionych. Z drugiej jednak strony należy liczyć się z możliwościami energetyki, która przejęła po wojnie w okręgach przemysłowych urządzenia poważnie uszkodzone, zdekompletowane i przestarzałe, a której najważniejszym zadaniem jest wszak zapewnienie ciągłości dostawy energii dla różnych gałęzi istniejącego i rozwijającego się przemysłu i to przy bardzo ograniczonych rezerwach. Z powyższych względów jako miejsce dla sieciowych prób zwarciownych brane są pod uwagę przede wszystkim podstacje zasilające stosunkowo mało ważnych odbiorców i położone w okręgach silnie uprzemysłowionych. Terminy prób dobiera się również pod tym kątem widzenia, tzn. tak, by one przypadały w okresach możliwie małego zapotrzebowania energii dla przemysłu, a więc w lecie, w dni świąteczne, w nocy itd. Wykonanie prób zwarciownych powinno mieć możliwie mały wpływ na warunki zachowania równowagi złożonych układów elektroenergetycznych, a ewentualne zaburzenia nie powinny powodować poważniejszych przerw w dostawie energii odbiorcom.

Warunki powyższe są dość uciążliwe, wymagają bowiem uzgadniania prób z różnymi instytucjami mieszczącymi się na terenie całego kraju, przewożenia przez ekipy zwarciowe Instytutu precyzyjnych przyrządów pomiarowych bardzo wrażliwych na warunki transportowe, stosowania prowizorycznych układów zabezpieczeń i sterowania oraz wielu innych. Trudności powyższe będą przynajmniej w zakresie aparatury niskiego napięcia usunięte z chwilą przekazania do eksploatacji budowanego przez Instytut Elektrotechniki laboratorium niskich napięć.

Kompromisowe wyjście z powyższej sytuacji stanowi obecnie zwarciownia sieciowa Instytutu Elektrotechniki.

2. Opis zwarciowni sieciowej Instytutu Elektrotechniki.

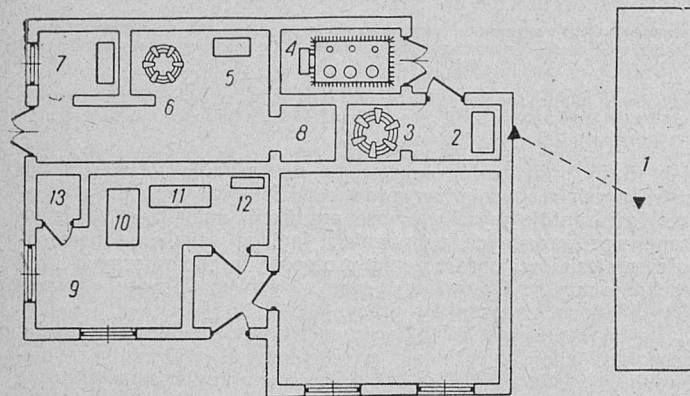
Decyzja budowy prowizorycznej zwarciowni niskiego napięcia powyższa została w końcu 1949 r. w wyniku uchwały przedstawicieli przemysłu, energetyki i Instytutu Elektrotechniki na konferencji w sprawie ustalenia rodzaju aparatury niskiego napięcia, wprowadzanej do produkcji w Planie 6-letnim.

Sprawa stworzenia choćby prowizorycznej zwarciowni dla aparatury niskiego napięcia stała się pilna ze względu na konieczność wprowadzania do produkcji szeregu nowych, bądź zmodyfikowanych rozwiązań konstrukcyjnych; łączyła się z tym sprawa zbadania własności szeregu aparatów będących w eksploatacji — dla ustalenia zakresu ich stosowania.

Wobec braku odpowiednich pomieszczeń i wymaganej mocy na terenie IEIu w Warszawie zdecydowano urządzić zwarciownię poza Warszawą na terenie jednej z podstacji przemysłowo-miejskich, gdzie energetyka wybudowała odpowiednie pomieszczenia przy jednej z podstacji na 60/6 kV, przemysł wykonał potrzebne przyrządy rozdzielcze, IEI zaś objął ogólne kierownictwo prac, wykonał niezbędne obliczenia, dostarczył odpowied-

nich urządzeń pomiarowych, regulacyjnych i sterowniczych, pokrył częściowo koszty budowy. Uruchomiono zwarcionię w Święto Odrodzenia 1950 r.

Ogólne rozplanowanie zwarcionię i jej schemat ideowy przedstawiają rys. 1 i 2. Zwarcionię jest zasilana z wydzielonych układów szyn rozdzielni na 60/6 kV z jednego transforma-

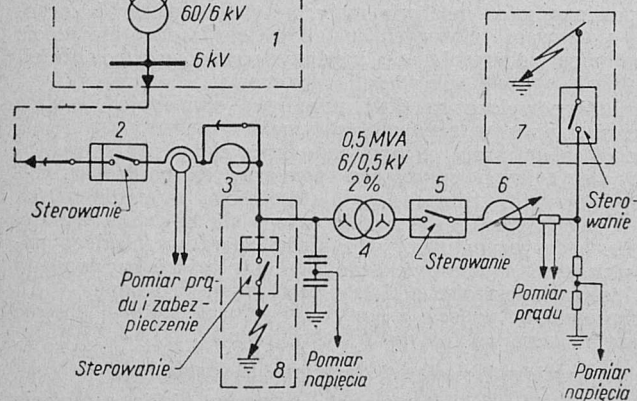


Rys. 1. Ogólne rozplanowanie zwarcionię

- | | |
|---|----------------------------------|
| 1 — rozdzielnia na 60/6 kV | 7 — komora zwarcionię nisk. nap. |
| 2 — celka wyłącznika bezpieczeństwa wys. nap. | 8 — komora zwarcionię wys. nap. |
| 3 — dławik wys. napięcia | 9 — pomieszczenie laboratoryjne |
| 4 — transformator zwarcionię | 10 — stół pomiarowo-sterowniczy |
| 5 — wyłącznik bezpieczeństwa nisk. nap. | 11 — oscylograf 9-pętlicowy |
| 6 — dławik niskiego napięcia | 12 — przełącznik zabezpieczający |
| | 13 — ciemnia fotograficzna |

tora o mocy 20 MVA. Właściwy ciąg układu zwarcionię stanowi następujący zespół urządzeń: kabel 6-kilowoltowy, wyłącznik bezpieczeństwa, dławik na 6 kV, 100 A, 5%, transformator zwarcionię, wyłącznik bezpieczeństwa niskiego napięcia oraz regulowany czterozakresowy dławik niskiego napięcia o całkowitej indukcyjności równej ok. 0,2 mH. Próby zwarcionię przyrządów niskiego napięcia odbywają się w komorze 7, a komora 8 (rys. 1 i 2) przewidziana jest do ewentualnych w przyszłości prób aparatury wysokiego napięcia.

Pomieszczenie 9 (rys. 1) jest



Rys. 2. Ideowy schemat zwarcionię

o pomieszczeniu laboratoryjnym, w którym znajduje się stół pomiarowo-sterowniczy, oscylograf oraz układ zabezpieczeń przełączników. W pomieszczeniu tym znajduje się również ciemnia fotograficzna, służąca do wywoływania i utrwalania zdjęć oscylograficznych.

Wyłącznik bezpieczeństwa wysokiego napięcia 2 jest wyłącznikiem ekspansyjnym o mocy wyłączalnej 400 MVA przy 10 kV, o napędzie pneumatycznym, korzystającym ze specjalnego zasobnika zasilanego z rozdzielni. Wyłącznik bezpieczeństwa niskiego napięcia 5 jest suchym wyłącznikiem o zdolności wyłączania 50 kA przy 500 V i o napędzie silnikowym.

Transformator zwarcionię o mocy znamionowej 0,5 MVA, przekładni 6,3/0,5 kV i napięciu zwarcia 2% jest przebudowanym transformatorem olejowym w układzie gwiazda izolowana-gwiazda o specjalnym wzmocnieniu uzwojeń z punktu widzenia wytrzymałości dynamicznej przy stałej pracy na zwarcie.

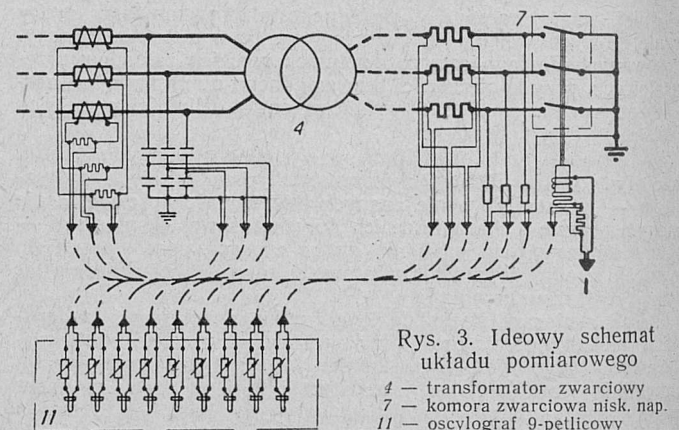
Początkowo, do roku 1952, zainstalowany był jeden z pierwszych transformatorów o mocy 1 MVA krajowej produkcji w wykonaniu normalnym. Zachowanie się tego transformatora w eksploatacji zwarcionię, po wprowadzeniu szeregu poprawek jego budowy przez wytwórcę, potwierdziło słuszność przyjętych założeń konstrukcyjnych.

Regulacja prądu zwarcia odbywa się po stronie niskiego napięcia przez przełączanie na różne zakresy betonowego dławika 6 konstrukcji IELu oraz po stronie wysokiego napięcia przez rozwieranie względnie zwieranie odłącznika bocznikującego typowy dławik rozdzielniowy 3.

Celem umożliwienia prób przyrządów rozdzielczych w warunkach ich pracy znamionowej, a więc przy stosunkowo niskich prądach i stosunkowo dużym współczynniku mocy, włącza się pomiędzy przyrząd badany i punkt zwarcia zaczepowe dławiki o dużej indukcyjności oraz trójfazowy opornik wodny, opracowane i wykonane przez IEL.

Układ powyższy stanowi równoważnik obciążenia znamionowego, zapewniając przez swą lokalizację odpowiednie warunki napięcia międzyfazowego w czasie gaszenia łuku przez przyrząd badany. Powyższe sposoby regulacji umożliwiają zmianę wartości prądów zwarcionię w zakresach około 0,5, 0,8, 1,0, 1,2, 1,5, 3,0, 4,5, 6,0, 9,0, 14,0 i 19 kA, czemu odpowiada moc zwarcia około 17 MVA; współczynnik mocy można regulować w granicach do $\approx 0,3$ dla dużych wartości prądu oraz do $\approx 0,6$ przy małych wartościach.

Komora zwarcionię niskiego napięcia jest wyposażona w specjalną nasienną konstrukcję stalową, umożliwiającą szybki mon-



Rys. 3. Ideowy schemat układu pomiarowego

- | |
|----------------------------------|
| 4 — transformator zwarcionię |
| 7 — komora zwarcionię nisk. nap. |
| 11 — oscylograf 9-pętlicowy |

taż na niej przyrządów o różnym rozstawieniu otworów na śruby mocujące. W komorze tej znajduje się również tzw. „miejsce zwarcia”, którym jest uziemiony płaskownik przykręcony do wyprowadzeń przyrządu badanego bądź do zacisków wyjściowych opornika wodnego, stanowiącego obciążenie w warunkach pracy znamionowej przyrządu.

Pomiar prądu w układzie niskiego napięcia odbywa się przy zastosowaniu trzech boczników umieszczonych przed przyrządem badanym, a w układzie wysokiego napięcia — przy zastosowaniu trzech przekładników prądowych.

Pomiar napięcia w układzie niskiego napięcia odbywa się przy zastosowaniu trzech oporników dodatkowych, a w układzie wysokiego napięcia — przy zastosowaniu trzech dzielników pojemnościowych. Oprócz tego podczas prób z reguły rejestrowane są prądy w niektórych obwodach sterowniczych celem uzyskania pełniejszego obrazu zachowania się badanego przyrządu. Typowy schemat ideowy układu pomiarowego przedstawia rys. 3.

Pomiary prądu i napięcia w opisanym układzie są wykonywane najczęściej jedynie w dwóch fazach.

Pomiary przebiegów zwarcionię wykonywa się przy pomocy laboratoryjnego oscylografu 9-pętlicowego z możliwością elektrycznego sterowania zdjęć na przesuwającej się rolce papieru światłoczułego o szerokości 12 cm bądź na paskach papieru o wymiarach 50 cm $\times$ 12 cm.

Wywoływanie i utrwalanie naświetlonego papieru odbywa się bezpośrednio po każdej próbie bądź po cyklu prób, w ciemni wyposażonej w trójkomorowy tank.

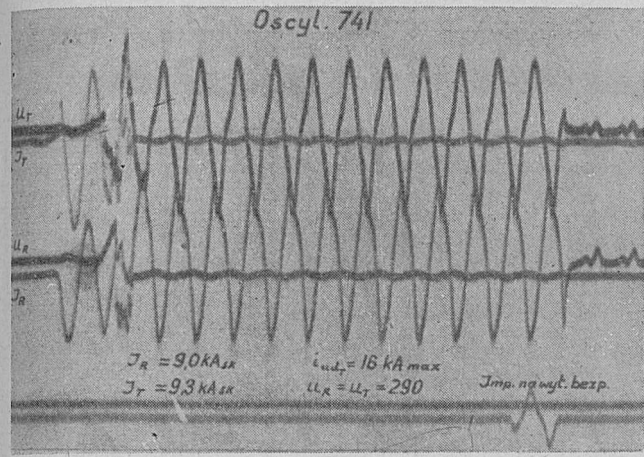
Typowe oscylogramy z przebiegu próby zwarcionię przedstawiają zdjęcia na rys. 4 i 5.

Zasadnicze zabezpieczenie układu stanowi odpowiednie sterowanie cyklem próby za pomocą specjalnego impulsatora. Rezerwowym zabezpieczeniem układu jest przełącznik nadmiarowy

zwłoczny, zasilany z przekładników prądowych i przerywający obwód za pomocą wyłącznika bezpieczeństwa wysokiego napięcia. W pewnych przypadkach stosuje się jeszcze dodatkowe zabezpieczenie układu, polegające na przerywaniu obwodu za pomocą wyłącznika bezpieczeństwa niskiego napięcia; czynność tę wykonywa ten sam przekładnik bądź przez dodatkowy przekładnik o mniejszej zwłocze.

Niezależnie od powyższych układów samoczynnych osoba, obsługująca układ sterowniczy, trzyma podczas próby rękę na przycisku dającym impuls na jednoczesne przerwanie obwodu przez oba wyłączniki bezpieczeństwa.

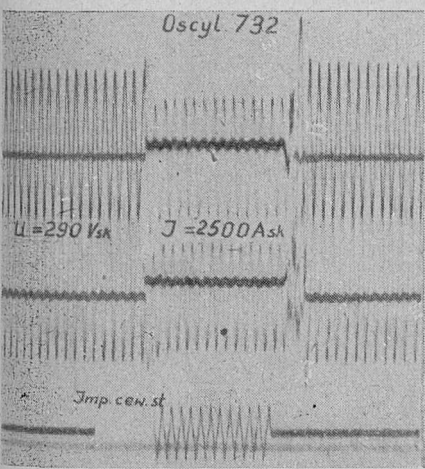
Na wypadek uszkodzenia i pożaru przyrządu badanego bądź któregośkolwiek elementu układu w czasie prób przygoto-



Rys. 4

wane są przewoźne gaśnice śniegowe o dużej pojemności zbiorników oraz piasek i ręczne gaśnice pianowe.

Sterowanie układem odbywa się zwykle przy pomocy wieloobwodowego silnikowego impulsatora krzywkowego o regulacji czasów zwierania względnie rozwierania poszczególnych obwodów w zakresie od 0 do 0,7 sek. przy możliwości stopniowania czasów co $\approx 0,03$ sek. Impulsator ten w zależności od warunków próby współpracuje niekiedy w układzie sterowniczym z dodat-



Rys. 5

kowymi przekładnikami zwłocznymi oraz z dwuobwodowym przekładnikiem programowym o czasach regulowanych w granicach od $\approx 1,5$ sek. do 5 min.

Wyłączanie przyrządów badanych odbywa się w zależności od ich rodzaju i od warunków próby bądź bezpośrednio przez własne urządzenie wyzwalające, bądź przy pomocy impulsatora, bądź wreszcie przy pomocy zdalnie sterowanych urządzeń mechanicznych; włączanie zaś ich — przez oddziaływanie impulsatorem na napęd przyrządów badanych.

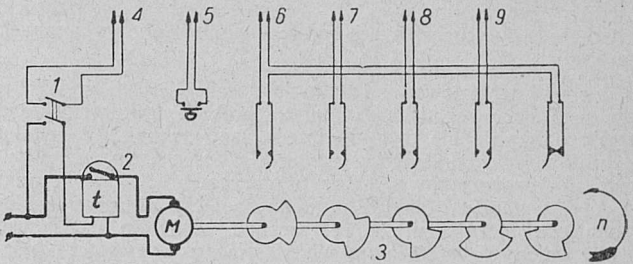
Typowy schemat ideowy układu sterowniczego oraz harmonogram współdziałania poszczególnych przyrządów przedstawiają rys. 6 i 7.

Odpowiednie przewody pomiarowe i sterownicze są doprowadzone od poszczególnych elementów układu zwarciowego do stołu pomiarowo-sterowniczego; są to giętkie przewody zsnurowe zaopatrzone we wtyczki lub końcówki kablowe. Przewody te są obciążone ciężarkami i umocowane na polce podobnej do

pulpitu ręcznej łącznicy telefonicznej. Dzięki powyższemu urządzeniu wykonanie i wszelkie zmiany obwodu pomiarowo-sterowniczego pochłaniają stosunkowo niewiele czasu, umożliwiając uzyskanie możliwie przejrzystego i łatwego do sprawdzenia schematu połączeń.

Ciekawsze elementy wyposażenia zwarciowni są przedstawione na rys. 8 do 15.

Metodykę wykonywania tytowych prób zwarciowych przyrządów niskiego napięcia charakteryzują następujące wyodrębnione grupy czynności:



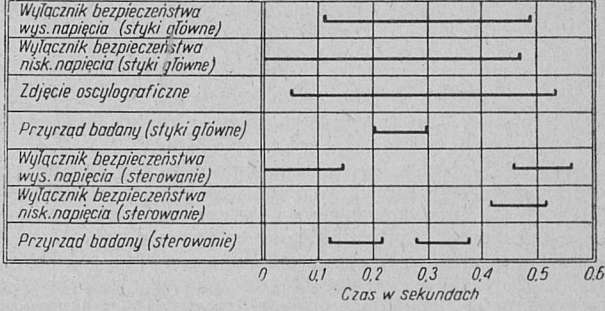
Rys. 6. Poglądowy schemat układu sterowniczego

- 1 — wyłącznik
- 2 — przekładnik czasowy
- 3 — impulsator
- 4 — załączenie wyłącznika bezpieczeństwa
- 5 — ręczne włączenie włącznika bezpieczeństwa
- 6 — sterowanie zdjęciem oscylograficznego
- 7 — załączenie przyrządu badanego
- 8 — wyłączenie przyrządu badanego
- 9 — wyłączenie wyłącznika bezpieczeństwa

1) Montaż przyrządu badanego w komorze zwarciowej wraz z przyłączeniem jego sterowania; wykonanie schematu układu sterowniczego dla danych warunków próby.

2) Sprawdzenie prawidłowości działania i doboru czasów sterowania całego układu próby przy odłączonym zwieracu przez wykonanie próbnych zdjęć oscylograficznych napięć i impulsów sterowniczych.

3) Wprowadzenie odpowiednich poprawek w układzie sterowniczym; założenie zwieracza; nastawienie dławików na przewi-



Rys. 7. Typowy harmonogram współdziałania poszczególnych urządzeń podczas próby zwarciowej

dywany zakres prądowy; dobór odpowiednich zakresów prądowych w obwodzie pomiarowym.

4) Wzrowodzenie obwodu zwarcia przez wykonanie zdjęcia oscylograficznego prądów przy włączonym i zablokowanym przyrządzie badanym; wykonanie właściwej próby zwarciowej w odpowiednim cyklu.

5) Wywołanie i utrwalenie zdjęć oscylograficznych; odczytanie oscylogramów; analiza wyników.

Podstawowym założeniem i celem stałej zwarciowni sieciowej jest umożliwienie systematycznego wykonywania prób aparatury rozdzielczej niskiego napięcia. Cel ten został całkowicie osiągnięty*).

Niezależnie od znaczenia wyników tych prób dla przemysłu dotychczasowa eksploatacja zwarciowni sieciowej dała szereg dodatkowych korzyści.

Analiza błędów popełnionych przy budowie i eksploatacji zwarciowni ułatwia projektowanie laboratorium niskich napięć Instytutu Elektrotechniki, pozwalając przewidzieć rozmaite usterki i uniknąć ich oraz znaleźć bardziej korzystne rozwiązania konstrukcyjne, np. zamocowania szyn, wykonania dławików i oporników niskiego napięcia, impulsatora, sposobu kablowa-

*) O wynikach prób badanych przyrządów ob. pracę autora w innym miejscu niniejszego zeszytu.

nia obwodów pomiarowych, doboru układów sterowniczych itd.

Eksploatacja zwiarciozni umożliwiła wyszkolenie odpowiedniego personelu technicznego, przygotowanego już należycie zarówno od strony teoretycznej, jak i praktycznej, do prowadzenia dalszych prób zwiarcioznych z umiejętnością właściwego analizowania wyników.

Obserwacje poczynione podczas pracy w zwiarciozni sieciowej stanowiły również bodziec do rozpoczęcia wykonywanych obecnie w Instytucie Elektrotechniki prac nad metodyką nieodkształconego i dokładnego pomiaru wielkich prądów zmiennych przy stosowaniu boczników i przekładników prądowych.

3. Przegląd dotychczasowych prób zwiarcioznych wykonanych w kraju.

Od chwili wybudowania i oddania do eksploatacji w 1950 r. zwiarciozni sieciowej niskiego napięcia próby aparatury niskiego napięcia odbywają się dwa do trzech razy na rok. W wyniku tych prób sprawdzono między innymi własności dotychczasowych rozwiązań konstrukcyjnych szeregu przyrządów, jak wyłączniki typu ATK, wyłączniki olejowe niskiego napięcia, styczniki niskiego napięcia, łączniki drążkowe, łączniki drążkowe dociskowe, łączniki walcowe, bezpieczniki wielkiej mocy, wyzwalacze pierwotne wyłączników wysokiego napięcia itd. Możliwość dokonywania częstych prób zwiarcioznych miała duże znaczenie dla pracy biur konstrukcyjnych: przy pomocy zwiarciozni Zakład A-11 opracował i wprowadził do produkcji wyłącznik typu WSS, a Zakład A-8 opracował prototyp nowoczesnego uniwersalnego wyłącznika



Rys. 8. Ogólny widok części budynku zwiarciozni

W lewym rogu widać drzwi do kotłowni zwiarciozowej oraz okno do obserwacji

typu APU. Poza tym w wyniku dokonanych prób można było stwierdzić szereg poważnych wad konstrukcyjnych w wyłącznikach typu NZO, produkowanych w pierwszych latach powojennych, wskutek czego wyłączniki te wycofano z produkcji.

Niezależnie od powyższych wyników ważnych dla konstruktorów i użytkowników aparatury rozdzielczej eksploatacja zwiarciozni sieciowej umożliwiła analizę stosowanej początkowo metodyki prób, ujawniając w niej szereg braków. Doprowadziło to do opracowania przez IEL ściśle sprecyzowanych warunków prób różnych rodzajów aparatury niskiego napięcia w postaci szeregu instrukcji badania, spełniających rolę tymczasowych norm wewnętrznych do czasu opracowania i wydania właściwych norm.

Należy podkreślić, że choć wyposażenie zwiarciozni sieciowej jest dalekie od doskonałości, a warunki pracy są ciężkie dla obsługi, jednak zarówno zakres, jak i wyniki prób, dokonanych podczas eksploatacji zwiarciozni jako pracowni stałej, mają znacznie większe znaczenie niż typowe próby sieciowe odbywające się dorywczo na terenie całego kraju. Omówimy je tu pokrótce w chronologicznej kolejności.

Pierwsze próby zwiarcioze wysokiego napięcia odbyły się zimą w 1947 r. na terenie jednej z większych elektrowni w okręgu przemysłowym. Zbadano wówczas pierwowzór wyłącznika małoolejowego produkcji krajowej oraz wyłącznik pełnoolejowy w danych warunkach próby. Było to pierwsze zetknięcie się naszych techników w praktyce ze złożonym zagadnieniem wykonywania tego rodzaju prób.

Podobne znaczenie z punktu widzenia szkolenia personelu miały wstępne przygotowania do następnych prób zwiarcioznych wysokiego napięcia na terenie jednego z zakładów przemysłowych w jesieni 1949 r., aczkolwiek właściwe próby zwiarcioze nie doszły wówczas do skutku z powodu uszkodzenia prądnicy zasilającej układ.



Rys. 9. Widok części budynku zwiarciozni

Widać drzwi do celki transformatora zwiarciozowego oraz zbiornik sprężonego powietrza do napędu wyłącznika bezpieczeństwa wysokiego napięcia

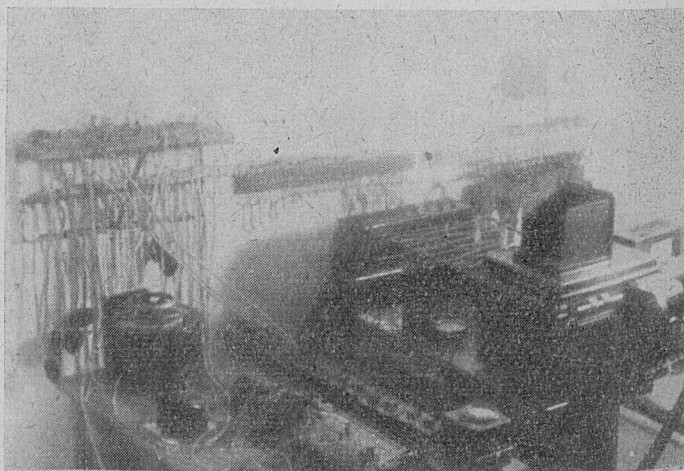
Pierwsze próby zwiarcioze aparatury niskiego napięcia wykonano na wiosnę 1949 r. na terenie jednej z hut. Zorganizowano je dla sprawdzenia zakresu możliwego stosowania wyłączników typu NZO, co do których odbiorcy wysuwali szereg poważnych zastrzeżeń. Wyniki tych prób były jednak nie dość miarodajne dla oceny konstrukcji przyrządu, gdyż odbywały się one przy napięciu zaledwie 200 V, a napięcie znamionowe wyłącznika wynosiło 500 V.

Z innych prób zwiarcioznych należy wymienić badanie bezpieczników instalacyjnych na zdolność wyłączania oraz badanie przepięć łączeniowych, wywoływanych przez krajowe wyłączniki powietrzne na 6 kV przy wyłączaniu niewielkich prądów. Próby te wykonano na przełomie roku 1951 i 1952 na terenie Instytutu Elektrotechniki w Warszawie.

Oprócz tego w r. 1952 na terenie jednej z podstacji 20-kilowoltowych w okręgu przemysłowym odbyły się próby na zdolność wyłączania krajowych wyłączników olejowych R20 i R30 z dobudowanym napędem do samoczynnego ponownego załączenia (SPZ) w warunkach wyłączania zwarć przemijających o mocy około 50 MVA. Wyniki tych prób potwierdziły słuszność założeń konstrukcyjnych urządzenia i po wprowadzeniu drobnych poprawek stanowiły podstawę do przekazania go do produkcji.

Na początku bieżącego roku na terenie jednej z podstacji 110-kilowoltowych sprawdzono przy mocy zwarcia około 150 MVA działanie prototypów krajowych wyłączników małoolejowych na 60 kV i 110 kV oraz prototypów jedno i trzybiegunowych załączników zwiarcioznych, przewidzianych do oszczędnościowego zabezpieczenia linii i transformatorów rozdzielczych. Wytrzymałość dynamiczną układu zwiarciozowego załącznika sprawdzono następnie przy załączaniu większych prądów zwiarcioznych w zastępczym układzie w zwiarciozni sieciowej niskiego napięcia.

Podczas wszystkich wyżej wymienionych dotychczas wykonanych prób zwiarcioznych uniknięto — dzięki stosowaniu wszel-



Rys. 10. Ogólny widok pomieszczenia laboratoryjnego

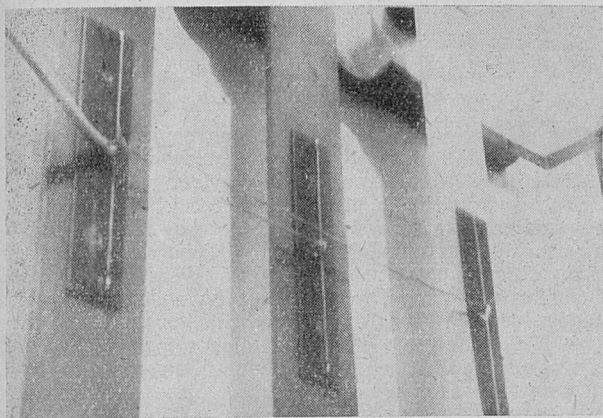
Na pierwszym planie stół pomiarowo-sterowniczy, po prawej stronie oscylograf 9-pętlicowy; w głębi po lewej stronie półka ze sznurami łączeniowymi, po prawej układ zabezpieczeń przekładnikowych

kich rozporządzalnych środków ostrożności, ciągłej kontroli stanu urządzeń oraz starannemu przygotowywaniu wstępnemu — zarówno wszelkich wypadków z ludźmi, jak i poważniejszych uszkodzeń urządzeń wchodzących w skład układu próby.

Jak wynika z powyższego pobieżnego przeglądu wykonanych dotychczas prób zwarciovych w kraju, różniły się one bardzo między sobą pod względem zarówno rodzaju aparatury, jak i warunków ich badania oraz lokalnych możliwości używanego wyposażenia.

Aczkolwiek stosowane układy pomiarowe, sterownicze i zabezpieczające oraz sposób wykonywania prób mogły się znacznie różnić od podanych w opisie zwarciovni sieciowej IELu, jednak we wszystkich przypadkach zasady ogólne były te same przy użyciu jedynie różnych sposobów ich realizacji.

Z ciekawszych rozwiązań doraźnych trudności, związanych z uzyskaniem odpowiednich warunków dla poszczególnych prób można wymienić np. zastosowanie zwiniętego i związanego kabla jednofazowego jako dławika wysokiego napięcia przy próbie sieciowej wysokiego napięcia; uzyskanie warunków odpowiadających zwarciu przemijającemu na linii podczas prób wyłącz-



Rys. 11. Fragment ciągu szyn wraz z zamontowanymi bocznikami wielokoprowowymi

ników z SPZ przez zastosowanie odpowiednich drutów topikowych rozpiętych w odległości równej odstępowi przewodów linii wysokiego napięcia; zastępcze próby załączników zwarciovych 110-kilowoltowych na zdolność załączania przy napięciu niskim przez zastosowanie wkładek topikowych, powodujących przy załączaniu powstanie łuku pomiędzy nożami przyrządu w odległości równej odległości przeskoku przy napięciu 110 kV.

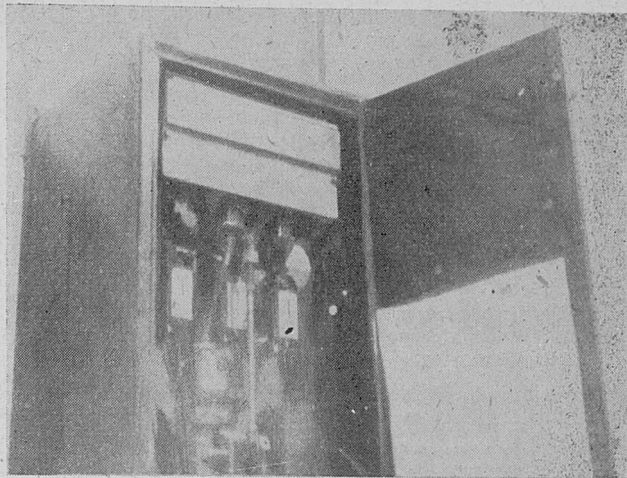
4. Bezpieczeństwo pracy oraz sposoby zwiększania pewności ruchu urządzeń podczas prób zwarciovych.

Szczególny charakter prób zwarciovych wywiera decydujący wpływ na dobór odpowiednich przyrządów, środków i metod pracy dla uzyskania odpowiednich warunków BHP i pewności ruchu urządzeń. Zagadnienie to jest ważne zwłaszcza w naszej dotychczasowej praktyce wobec wykonywania większości prób zwarciovych w prowizorycznych warunkach.

Pracę podczas prób zwarciovych cechuje — oprócz niebezpieczeństwa związanego z pracą przy wysokim napięciu — również niebezpieczeństwo oparzeń, popażeń i porażeń wskutek możliwości powstania łuku na różnych częściach przyrządów badanych i doprowadzeniach do nich, niebezpieczeństwo popażeń wskutek wyrzutu płonących gazów i oleju np. przy wybuchu badanych wyłączników olejowych, wreszcie niebezpieczeństwo pokaleczenia przez rozrywane części przyrządów badanych wskutek występowania znacznych sił dynamicznych. Jako przykład występujących zjawisk można przytoczyć, że podczas jednej próby wyłączników niskiego napięcia (przy mocy zwarcia około 15 MVA) wyłącznik badany zawiódł i do chwili przerwania obwodu przez wyłącznik bezpieczeństwa, tj. w ciągu około 0,2 sek., sufit komory zwarcioviej (2,5 m nad przyrządem badanym) uległ zamełalizowaniu miedzią na powierzchni około 1 m², lby śrub M-10, którymi żeliwna obudowa przyrządu była przymocowana do konstrukcji wsporczej, uległy stopieniu, a krople stopionego metalu padały z zewnątrz komory w odległości 4 m.

Zjawiska powyższe są odpowiednio silniejsze przy próbach wysokiego napięcia, co potwierdza np. zdjęcie łuku podczas próby zwarcioviej o mocy 50 MVA przy 20 kV (rys. 16).

Praca przy próbach zwarciovych jest tym bardziej uciążliwa w dotychczasowych warunkach, że ze względu na wspomniane wyżej trudności próby odbywają się bardzo często w nocy,

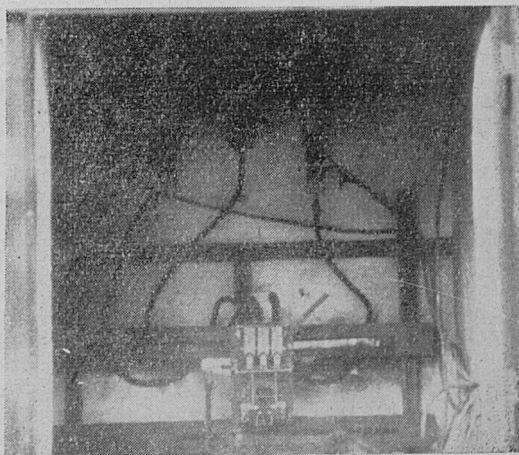


Rys. 12. Wyłącznik bezpieczeństwa niskiego napięcia przy otwartej osłonie

z czym wiąże się wyczerpanie psychiczne i fizyczne osób biorących udział w próbach wskutek konieczności zwiększenia wysiłku umysłowego przy obniżonej zdolności reakcji.

Ponieważ w naszych obecnych warunkach nie można jeszcze stosować różnych specjalnych urządzeń zabezpieczających, jak np. blokad uniemożliwiających włączenie napięcia, póki ktoś znajduje się w komorze zwarcioviej itp., bezpieczeństwo pracy musi opierać się u nas głównie na osobistej odpowiedzialności kierownika ekipy zwarcioviej oraz zdyscyplinowaniu i ścisłym przestrzeganiu regulaminu pracy przez osoby biorące udział w próbach. Stosowane są ponadto specjalne schematy układów sterowania, a przyrządy wchodzące w skład układu zwarcia dobieiera się pod kątem zwiększonej pewności działania dla przewidywanych parametrów zwarcia.

Stosuje się również inne środki zwiększenia bezpieczeństwa obsługi. Tak np. w zwarciovni sieciowej IEL jeden wspólny klucz od komór zwarciovych, celek transformatora i wyłącznika bezpieczeństwa wysokiego napięcia jest przechowywany jedynie przez kierownika prób, który przed każdorazowymi czynnościami w układzie zwarciovym osobiście sprawdza, czy wyłącznik bezpieczeństwa wysokiego napięcia z odłącznikiem są otwarte. Dalsi członkowie ekipy zwarcioviej, obowiązani do szczegółowego zapoznania się z regulaminem pracy i programem czynności, przystępują do pracy jedynie na bezpośrednie zlecenie kierownika, w miejscu ściśle przez niego określonym i po założeniu uznień ochronnych za wyłącznikiem bezpieczeństwa wysokiego napięcia. Przypadkowe włączenie jakiegokolwiek przyrządu w układzie zwarciovym jest uniemożliwione przez stosowanie szeregowego układu styków różnych łączników pośrednich w schemacie sterowania, przy czym główny łącznik uruchamiający cykl próby ma odejmowaną rękojeść o profilowym wycięciu, przechowywaną jedynie przez kierownika prób. Włączenie układu na zwarcie odbywa się po osobistym sprawdzeniu przez kierownika prawidłowości połączeń w ciągu głównym i schematu sterowniczego, po



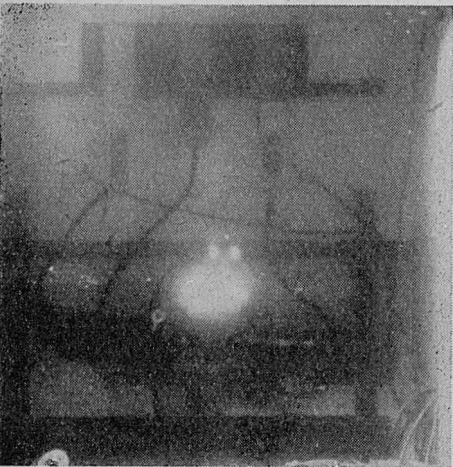
Rys. 13. Komora zwarciovia widziana przez okno z zewnątrz. Widoczne zakończenie ciągu szyn (u góry) oraz badany przyrząd (u dołu) umieszczony na przesuwnej konstrukcji stalowej

zamknięciu na klucz wszelkich komór i celek oraz po upewnieniu się, że wszyscy obserwatorzy znajdują się w bezpiecznej odległości od okratowanego okienka komory zwarciowej.

W przewidywaniu uszkodzenia przyrządu badanego pewność wyłączenia zwarcia osiąga się przez stosowanie dwóch wyłączników bezpieczeństwa o równoległym systemie podawania impulsów na wyłączenia, tj. z impulsatora kierującego samoczynnie cyklem próby, rezerwowego przekaznika zabezpieczającego oraz przez przycisk ręczny. Moc wyłączenia każdego z tych wyłączników bezpieczeństwa jest dwukrotnie większa od największej mocy zwarciowej na odpowiednich napięciach w układzie zwarciowni.

Bezpieczeństwo przeciwpożarowe zapewnia zgrupowanie odpowiednich i w dostatecznej ilości środków gaszących w pobliżu komory zwarciowej i celki transformatora.

Możliwie dużą pewność ruchu urządzeń w układzie zwarciowym uzyskuje się przez częste sprawdzanie wytrzymałości i oporności izolacji obwodów, kontrolę zamocowania szyn i przewodów, oględziny i czyszczenia styków wyłączników bezpieczeństwa po każdorazowym wyłączeniu przez nich zwarć oraz poddawania transformatora zwarciowego okresowym przeglądom. Najmniejsze nawet uszkodzenia są naprawiane natychmiast.



Rys. 14. Komora zwarciowa widziana przez okno z zewnątrz podczas wyłączenia przez badany przyrząd (stycznik) siedmiokrotnego prądu znamionowego

częstokroć warunków sprawne wykonanie około 500 prób zwarciowych zarówno w zwarciowni sieciowej IElu, jak i podczas typowych prób sieciowych.

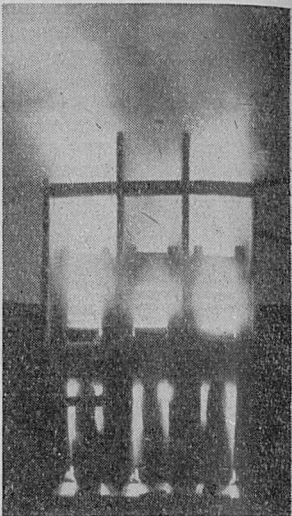
5. Perspektywy rozwoju prób zwarciowych w Polsce.

Z ogólnym rozwojem wszystkich gałęzi naszego przemysłu musi się wiązać w ściśle określonym stosunku rozwój przemysłu przyrządów rozdzielczych wysokiego i niskiego napięcia. Rozwój ten musi cechować nie tylko zwiększenie liczby produkowanych aparatów, ale również ciągle zastępowanie przestarzałych konstrukcji nowymi, bardziej doskonałymi i prostszymi z technologicznego punktu widzenia, wprowadzanie nowych rodzajów aparatury oraz budowa przyrządów o coraz wyższych wartościach znamionowych, jak napięcie, moc wyłączalna itd.

Wymagania stawiane aparaturze przez gospodarkę ogólnopolską dotyczą nie tylko ich parametrów elektrycznych, lecz również pewności działania w rozmaitych warunkach zewnętrznych, jak np. w hutnictwie, górnictwie, elektrotechnice morskiej itp. Wiąże się z tym ponadto konieczność uwzględnienia szeregu nowych warunków pracy, jak samoczynne ponowne załączanie, szybkie wyłączanie zwarć na liniach sprzęgowych, stosowanie różnych oszczędnościowych układów elektroenergetycznych itp. Wszystkie nowe wymagania stawiane przed przemysłem przyrządów rozdzielczych można rozwiązać najekonomiczniej i we właściwy sposób jedynie przy pomocy stacji doświadczalnej, tj. zwarciowni.

Oczywiście, wykonywanie prób zwarciowych w dotychczasowym zakresie i w dotychczasowy sposób nie mogłoby podoląć rosnącym potrzebom przemysłu. Dla aparatury niskiego napięcia sprawa posunie się poważnie naprzód z chwilą oddania do eksploatacji laboratorium niskich napięć Instytutu Elektrotechniki.

W zakresie aparatury wysokiego napięcia aż do wybudowania w kraju odpowiednich urządzeń musimy korzystać do prób ze zwarciowni zagranicznych, częściowych prób sieciowych w kraju oraz — np. do prób wytrzymałości cieplnej i dynamicznej — z budowanego już w kraju laboratorium niskich napięć.

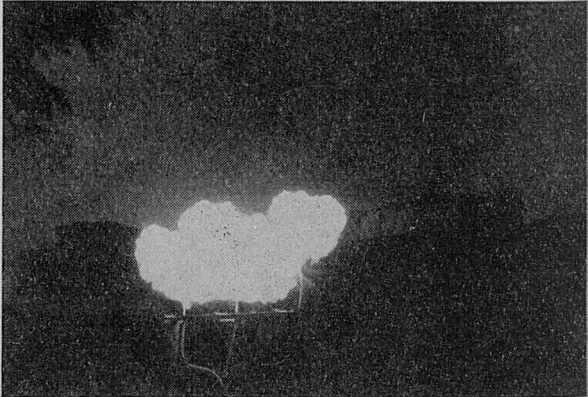


Rys. 15a i 15b. Wyłącznik samoczynny podczas próby wyłączenia prądu zwarciowego

Według założeń w laboratorium niskich napięć będą wykonywane próby modeli i prototypów nowo opracowanych przyrządów oraz okresowe próby zwarciowe, próby wytrzymałości dynamicznej i cieplnej wyrobów z produkcji bieżącej. Laboratorium to służyć będzie ponadto do systematycznego prowadzenia prac teoretycznodoświadczalnych nad doбором właściwych warunków badania aparatury i metod pomiarowych. Wszelkie próby różnych odmian poszczególnych elementów nowo opracowanych przyrządów, aczkolwiek bardzo istotne dla konstruktora, zasadniczo nie będą mogły się odbywać w laboratorium niskich napięć ze względu na dużą ich pracochłonność, na stosunkowo niski stopień wyzyskania zakładu oraz koszty transportu z poszczególnych zakładów wytwórczych.

Z powyższych względów najkorzystniejszym rozwiązaniem potrzeb biur konstrukcyjnych — w zakresie częstych prób różnych elementów konstrukcyjnych — byłoby utworzenie przy zainteresowanych zakładach odpowiednich laboratoriów, które winny być również wyzyskane do wykonywania typowych prób wyrobu przez kontrolę ostateczną zakładów wytwórczych.

W roku ubiegłym opracowano w Instytucie Elektrotechniki, opierając się na produkowanych w kraju urządzeniach i przyrządach, wstępny projekt techniczny przykładowego laboratorium niskiego napięcia w postaci zestawu elementarnych stoisk pomiarowych, umożliwiających wykonywanie prób nagrzewania, prób napięciowych, wytrzymałości mechanicznej, badania oporności styków, wyzwalaczy i cewek, sprawdzania charakterystyk bezpiecznikówowych itp. Zestaw laboratoryjny tego rodzaju odznacza się wielostronnością i dużą elastycznością w korzystaniu z poszczególnych stoisk do różnych rodzajów wytwórczości poszczególnych zakładów.



Rys. 16

Wyda się, że połączenie możliwości wykonywania prób nietypowych i prób wieloprądowych w laboratorium niskich napięć IElu wraz z badaniami typowymi w laboratoriach przyfabrycznych będzie stanowić — przynajmniej w dziedzinie aparatury niskiego napięcia — najkorzystniejszy sposób stworzenia zdrowych warunków rozwoju przemysłu przyrządów rozdzielczych w Polsce.

R. SKARŻYŃSKI
Inst. Elektr.

Wyniki prób wyłączników wysokiego napięcia prądu zmiennego produkcji krajowej

621.312.001.4:621.316.3.027.3.025(438)

Treść. Wyniki prób zwarciovych wykonanych w WEI (Wszzechzwiązkowy Instytut Elektrotechniki w Moskwie) dla określenia mocy wyłączalnej wyłączników wysokiego napięcia produkcji krajowej (dwu małoolejowych i jednego powietrznego). Podano opis i rysunki wyłączników, a wyniki prób zilustrowano oscylogramami i wykresami.

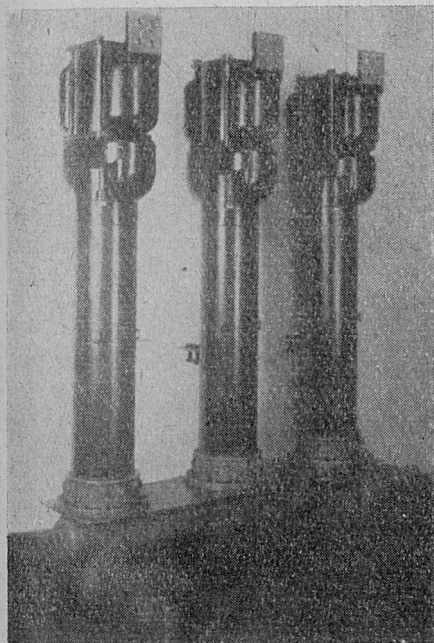
Результаты испытания высоковольтных выключателей переменного тока отечественного производства. Результаты испытания на короткое замыкание в ВЭИ (Всесоюзный Электротехнический Институт в Москве) с целью определения отключающей способности высоковольтных выключателей отечественного производства (два малообъемные и один воздушный). Дается описание и рисунки выключателей; результаты испытаний иллюстрируются осциллограммами и диаграммами.

Test results of Polish-made H. T. alternating current circuit-breakers. Results of short-circuit tests carried out at the All-Union Electrical Institute in Moscow with a view to determining the breaking capacity of Polish-made H. T. circuit-breakers. The tests applied to two oil-blast circuit-breakers and one air-blast circuit breaker. Description and sketches of the circuit-breakers. The test results are illustrated by means of oscillograms and diagrams.

1. Wstęp.

Pierwsze próby zwarciove do określenia mocy wyłączalnej wyłączników wysokiego napięcia były wykonane w sieci śląskiej w 1947 r. Próbowi tym poddano wyłączniki: olejowy R10, 400 A, 100 MVA i małoolejowy typu garnkowego R10, 600 A, 200 MVA znamion. W wyniku prób stwierdzono, że wyłącznik olejowy wyłączył 90 MVA (największa moc będąca do dyspozycji) przy 6 kV, wyłącznik zaś małoolejowy powinien być przekonstruowany, stwierdzono bowiem, że nie wyłączy on prądu 5 kA przy 6 kV. Próby nie zadowolili konstruktorów ze względu na małą liczbę prób i małą moc wyłączalną, którą można było uzyskać licząc się z bezpieczeństwem pracy sieci energetycznej.

Dopiero wykonanie prób zwarciovych do określenia mocy wyłączalnej wyłączników wysokiego napięcia produkcji krajowej w zwarcowniach WEI (Wszzechzwiązkowego orderu Lenina Elektrotechnicznego Instytutu im. W. I. Lenina) dało wyniki



Rys. 1. Wyłącznik małoolejowy wewnętrzny typu 1124, R30

zadowalające tak dla energetyki, jak i dla przemysłu elektrotechnicznego oraz konstruktorów. W WEI wykonano w latach 1949, 1950 i 1951/52 próby zwarciove następujących wyłączników wysokiego napięcia:

- a) wyłącznika małoolejowego wewnętrznego typu 1124, R30, 600 A, 600 MVA, o komorze tłokowej (modelu),
- b) wyłącznika powietrznego typu 1075, R10, 1000 A, 400 MVA znam. (modelu i jednego z serii produkcyjnej),
- c) wyłącznika małoolejowego typu 1072, R10, 600 A, 200 MVA (modelu).

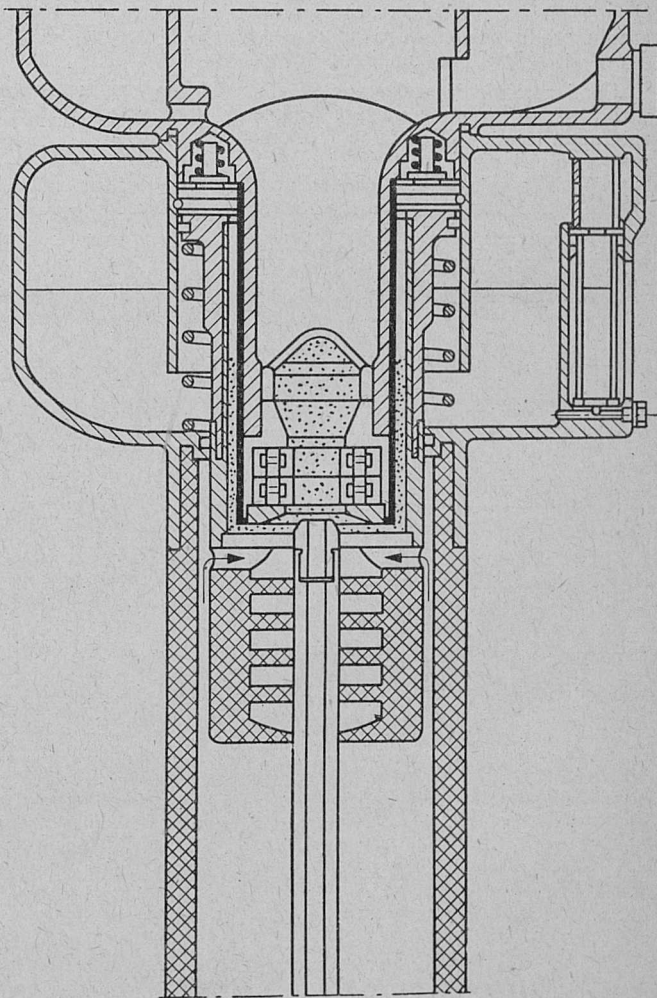
2. Wyniki prób zwarciovych wykonanych w WEI dla określenia mocy wyłączalnej wyłączników wysokiego napięcia produkcji krajowej.

A. Wyłącznik małoolejowy wewnętrzny typu 1124, R30, 600 A, 600 MVA o komorze tłokowej (rys. 1).

Opis wyłącznika. Wyłącznik ma trzy bieguny umocowane na wspólnym zbiorniku olejowym, który tworzy podsta-

wę wyłącznika. Wewnątrz zbiornika znajduje się mechanizm uruchamiający styki trzech biegunów oraz sprężyny wyłączające.

Każdy biegun składa się z cylindra bakelitowego i głowicy. Wewnątrz cylindra znajdują się prowadnice styku ruchomego, rolki, styk ruchomy i komora. Głowicę tworzy tłumik i cylinder komory. Tłumik ma w swej dolnej części styk nieruchomy przykryty talerzykiem mosiężnym z zaprasowanym pierścieniem, wykonanym ze stopu odpornego na wysoką temperaturę (elmet).



Rys. 2. Komora wyłącznika małoolejowego typu 1124 (przekrój jednego bieguna)

Wymiary gabarytowe: wysokość 1650 mm, szerokość 1100 mm, głębokość 900 mm

W górnej części tłumika są przestrzenie, których zadaniem jest oddzielenie oleju od gazu w strumieniu gazów i oleju, wytworzonym podczas gaszenia łuku. Na górnej powierzchni tłumika umieszczono membranę i zawór, których zadaniem jest ochrona bieguna wyłącznika przed rozerwaniem, gdy ciśnienie w tłumiku powstałe podczas gaszenia łuku przekroczy ciśnienie dopuszczalne (30 at). Boczne przestrzenie komory częściowo napełnione olejem umożliwiając ruch komory (rys. 2).

Komorę tiokową tworzy cylinder, 6 talerzyków i 3 pierścienie dystansowe. Wszystkie te części są z materiału izolacyjnego. Na zewnętrznej górnej części cylindra jest umocowana odpowiedniego kształtu tuleja, tworząca tłok komory i zawierająca pierścień kształtu dwuteowego. Zadaniem pierścienia jest prowadzenie komory w cylindrze, poza tym służy on jako uszczelnienie. Na wysokości pierwszego talerzyka u góry komora ma 6 otworów. Całkowity krok komory wynosi 63 mm.

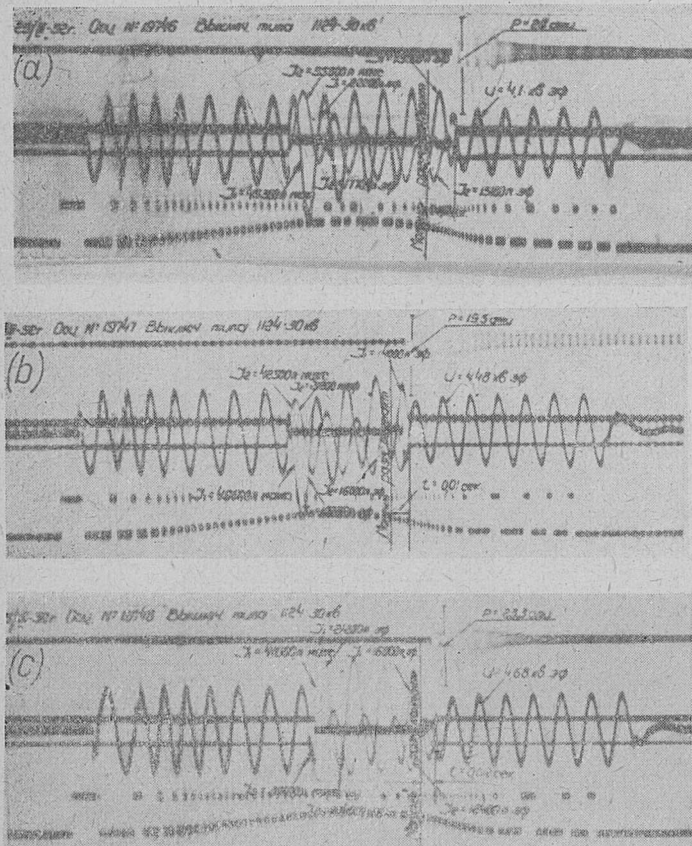
Styk ruchomy wydrążony w środku ma końcówkę opalinową również wydrążoną w środku. Całkowity przesuw styku ruchomego wynosi 264 mm, a odległość między stykami w stanie otwartym wyłącznika 211 mm. Czas wyłączenia jest 0,19 s.

W modelu, który podlegał próbom, napęd był typu powietrznego. Powyższy opis uwzględnia niewielkie przeróbki, dokonane podczas prób w WEI w latach 1951/52.

Dokonane próby zwarciove. Próby zwarciove dla określenia mocy wyłączalnej wyłącznika wykonano trójbiegunowo w obwodzie maszyny wirującej i jednobiegunowo w obwodzie drgań.

Ponieważ przy 30 kV moc zwarciowni z maszyną wirującą była mała, próby trójbiegunowe wykonano przy napięciach 30, 20, 6 i 3 kV. Próby przy napięciach niższych od 30 kV miały na celu ekstrapolację uzyskanych przy tym prądów na napięcie 30 kV. Dla pokazania przebiegu wyłączania prądu przez wyłącznik podano na rys. 3. oscylogramy, otrzymane przy wyłączaniu prądu zwarciowego podczas szeregu łączy ZW—180—ZW—180—ZW przy napięciu powrotnym 6 kV.

Pomiar ciśnienia wykonano w zbiorniku wyłącznika, ponieważ stwierdzono, że najwyższe ciśnienie występuje właśnie w zbiorniku (nie uwzględniając ciśnienia w komorze).



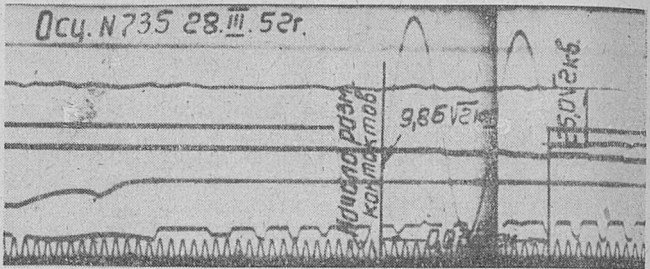
Rys. 3. Oscylogramy wyłączonych prądów zwarciowych przez wyłącznik małoolejowy typu 1124 zdjętych podczas szeregu łączy ZW-180-ZW-180-ZW przy napięciu powrotnym ~ 6 kV

Prąd załączany	(kA _{max})	a	b	c
Prąd wyłączany (w chwili rozejścia się styków) I ₁	(kA _{sk})	15,1	14	16
Prąd wyłączany (w chwili rozejścia się styków) I ₂	(kA _{sk})	17,7	16	12,4
Napięcie powrotne	(kV)	4,1	4,48	4,68
Największe ciśnienie w zbiorniku p	(at)	28	19,5	23,3
Czas trwania łuku	(s)	0,02	0,01	0,012

Dolna krzywa podaje rejestrację ruchu styku (noża).

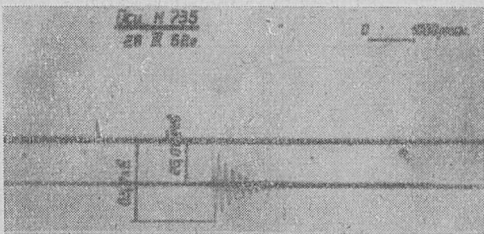
Wykonano jednobiegunowe próby zwarciove w obwodzie drgań przy napięciu 30 kV, przy częstotliwościach drgań własnych obwodu 1,5; 6,1 kHz *).

Na rys. 4a i 4b podano dla przykładu dwa oscylogramy przebiegu wyłączzonego prądu zwarciowego i napięcia powrotnego, otrzymane podczas prób wyłącznika w obwodzie drgań. Z oscylogramu wynika, że energia wydzielona w łuku jest mała. Wskazuje na to małe tłumienie prądu zwarciowego mimo stosunkowo długiego czasu trwania łuku. Małe tłumienie jest zjawiskiem korzystnym ze względu na cel, to jest określenie dużej mocy wyłączalnej wyłącznika, i świadczy o dobrym rozwiązaniu konstrukcyjnym urządzenia gaszącego łuku.



Rys. 4a. Oscylogram wyłączzonego prądu zwarciowego przez wyłącznik małoolejowy typu 1124 (zdjęto podczas próby w obwodzie drgań)

Prąd wyłączania (w chwili rozejścia się styków) 9,86 kA. Napięcie powrotne 25 kV. Czas trwania łuku 0,032 s.



Rys. 4b. Oscylogram napięcia powrotnego, otrzymany za pomocą oscylografu elektronowego przy wyłączeniu prądu zwarciowego, którego przebieg jest podany na rys. 4a; częstotliwość drgań własnych obwodu 6,1 kHz

Napięcie powrotne 25 kV, jego wartość maksymalna 63,7 kV_{max}. Skala czasu: 6 mm — 1000 μs.

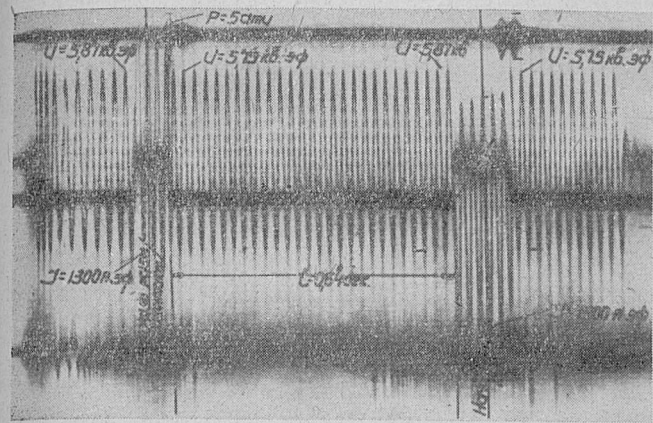
W celu sprawdzenia przydatności wyłącznika małoolejowego typu 1124 do warunków pracy SPZ wykonano trójbiegunową orientacyjną próbę zwarciową według szeregu łączy ZW-t-ZW przy napięciu powrotnym 6 kV dla określenia prądu wyłączalnego i czasu bezprądowego (t). Rys. 5 i 6 podają oscylogramy otrzymane podczas tych prób.

Przebieg gaszenia łuku. Łuk, powstający przy rozejściu się styków, wytwarza gazy, które przy wyłączaniu dużych prądów wytwarzają duże ciśnienie. To duże ciśnienie powoduje ruch komory ze względu na różnicę dolnej i górnej powierzchni tłoka komory. Wskutek tego strumień świeżego oleju dostaje się z dołu bieguna przez wydrążony styk ruchomy i boczne otwory komory do łuku i powoduje intensywne jego gaszenie. Małe ciśnienie powstałe przy wyłączaniu małych prądów nie daje ruchu komory, wskutek czego intensywność gaszenia łuku maleje.

Wyniki prób zwarciowych, mających na celu określenie mocy wyłączalnej wyłącznika typu 1124 przy 30 kV. Z oscylogramów, otrzymanych podczas prób zwarciowych w obwodzie maszyny wirującej przy 30, 20, 6 i 3 kV, wykreślono krzywe czasu trwania (rys. 7) i długości (rys. 8) łuku w funkcji prądów wyłączanych, celem stwierdzenia wpływu wartości napięcia powrotnego na wyłączanie prądów zwarciowych. Z rysunków tych widać, że czasy i długości łuku przy 6 i 3 kV nie pokrywają się odpowiednio z czasami i długościami łuku przy

*) Próby wykonane przy częstotliwości drgań własnych 6,1 kHz można potraktować z dużym przybliżeniem jako próby od 0 do 50% mocy wyłączalnej wyłącznika. Zalecenia szwajcarskie przewidują dokonywanie prób zwarciowych od 0 do 50% mocy wyłączalnej wyłącznika o napięciu 30 kV przy częstotliwości drgań własnych obwodu 7 kHz. Według tych zaleceń próba wyłączalności 30-kilowoltowego przy pełnej mocy wyłączalnej powinna być wykonywana przy częstotliwości drgań własnych równej 1,4 kHz.

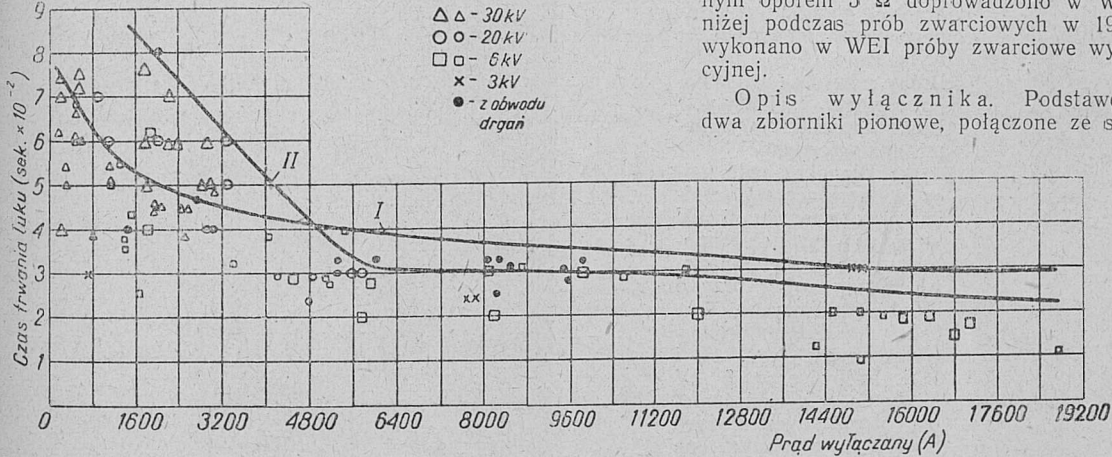
30 i 20 kV, jeżeli brać pod uwagę te same wartości prądów wyłączonych. Nie można zatem traktować prądów wyłączonych otrzymanych przy napięciu powrotnym 6 kV, jako równoważnych



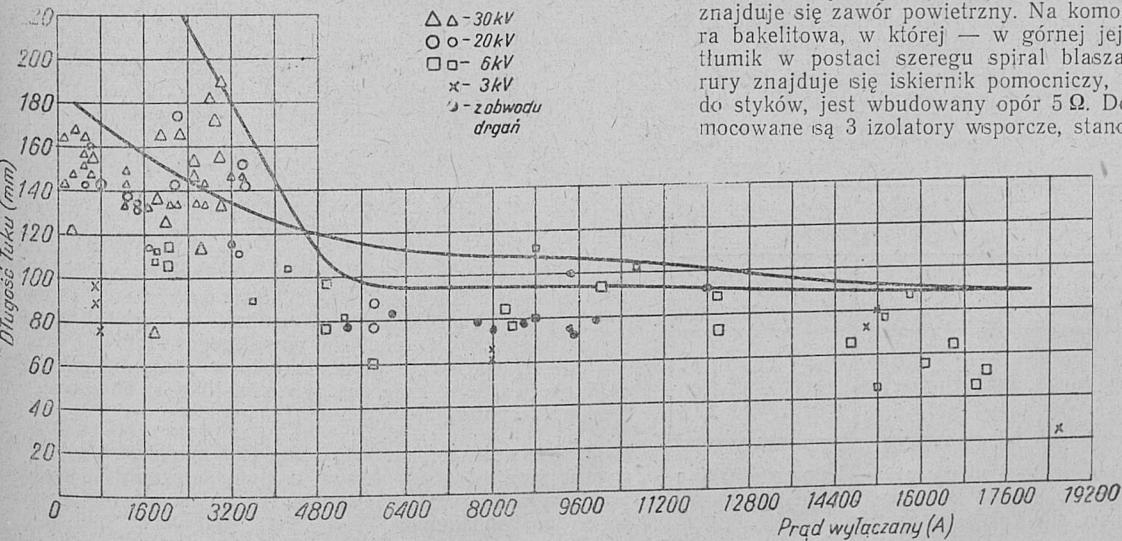
Rys. 5. Oscylogram przebiegu prądu wyłączanego i napięcia powrotnego, otrzymany podczas próby wyłącznika typu 1124, R30 w warunkach pracy SPZ

Napięcie przed pierwszym i drugim cyklem ZW 5,87 kV. Napięcie powrotne po pierwszym i drugim cyklu ZW 5,75 kV. Prąd wyłączany (w chwili rozejścia się styków) w pierwszym i drugim cyklu ZW 1,3 kA. Czas bezprądowy 0,64 s. Największe ciśnienie w zbiorniku 5 at.

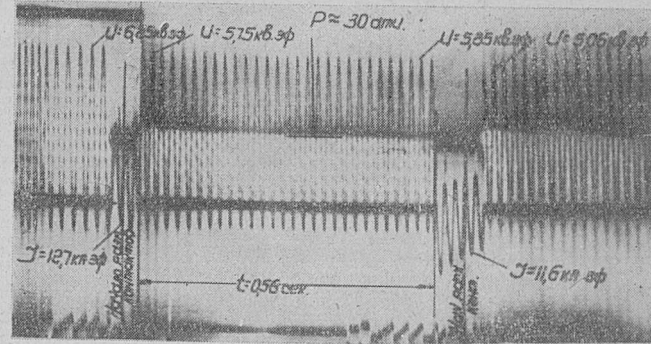
prądem wyłączonym przy napięciu powrotnym 30 kV i wobec tego nie można było przeprowadzić ekstrapolacji i określić mocy wyłączalnej wyłącznika tylko z powyższych prób.



Na podstawie wykonanych prób zwarciovych zarówno w obwodzie drgań, jak i w obwodzie maszyny wirującej, uznano 600 MVA jako moc wyłączalną wyłącznika małoolejowego typu 1124 przy 30 kV.



Na rys. 9 pokazano wycinki styku nieruchomego, talerzyk mosiężny oraz końcówki opalinowe styku ruchomego po próbach zwarciovych według łączy „ZW-przerwa długa ZW” przy prądzie wyłączeniowym 1100 A i po szeregu łączy „ZW-180-ZW-180-ZW” przy prądzie wyłączeniowym 15 kA i przy napięciach powrotnych 6 kV. Z rysunku widać, że opalenia nie są znaczne.



Rys. 6. Oscylogram przebiegu prądu wyłączanego i napięcia powrotnego, otrzymany podczas próby wyłącznika typu 1124, R30 w warunkach pracy SPZ

Napięcie przed pierwszym cyklem ZW 6,25 kV, przed drugim 5,85 kV. Napięcie powrotne po pierwszym cyklu ZW 5,75 kV, po drugim 5,06 kV. Prąd wyłączany (w chwili rozejścia się styków) w pierwszym cyklu ZW 12,7 kA, w drugim cyklu ZW 11,6 kA. Czas bezprądowy 0,56 s. Największe ciśnienie w zbiorniku 30 at.

B. Wyłącznik powietrzny typu 1075, R10, 1000 A, 400 MVA (znam.)

Wyłącznik powietrzny typu 1075 (rys. 10 i 11) z wbudowanym oporem 5 Ω doprowadzono w WEI do stanu opisanego niżej podczas prób zwarciovych w 1949 r. W latach 1951/52 wykonano w WEI próby zwarciovie wyłącznika z serii produkcyjnej.

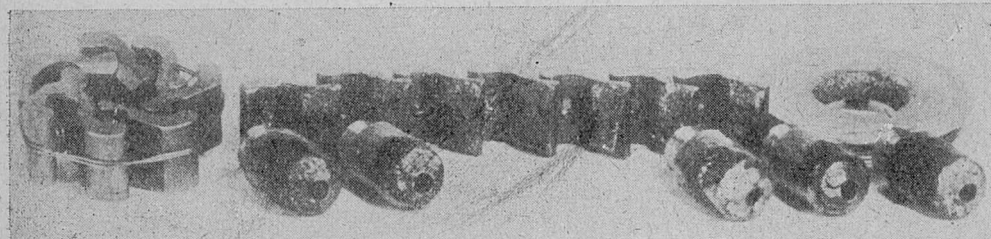
Opis wyłącznika. Podstawę wyłącznika stanowią dwa zbiorniki pionowe, połączone ze sobą trzecim zbiornikiem

Rys. 7. Zależność czasu trwania łuku od prądów wyłączanych
I — dla komory opisanej wyżej
II — dla wariantu tej komory

wraz z zespaną blachą czołową oraz łapami do zbiorników pionowych. Do zbiornika poprzecznego przymocowane są trzy wydrążone izolatory, które spełniają dwa zadania: 1) umocowanie komór oraz 2) doprowadzenie sprężonego powietrza do komór. Przy wejściu do kanału izolatora od strony zbiornika znajduje się zawór powietrzny. Na komorze umocowana jest rura bakelitowa, w której — w górnej jej części — znajduje się tłumik w postaci szeregu spiral blaszanych. W dolnej części rury znajduje się iskiernik pomocniczy, poprzez który, obocznie do styków, jest wbudowany opór 5 Ω . Do blachy czołowej przymocowane są 3 izolatory wsporcze, stanowiące podstawę obudo-

Rys. 8. Zależność długości łuku od prądów wyłączanych
I — dla komory opisanej wyżej
II — dla wariantu tej komory

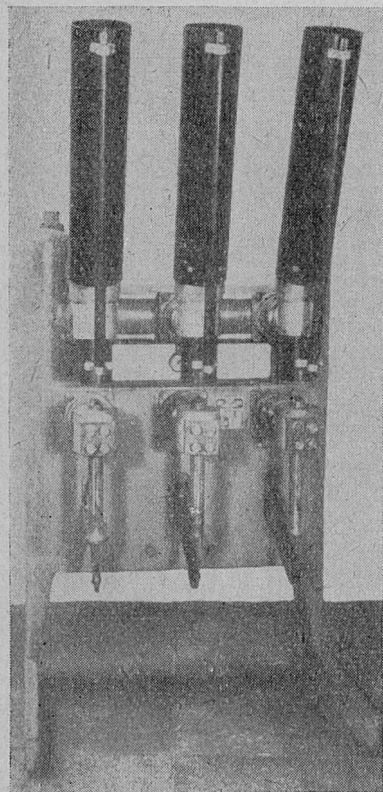
wy styków. Styki te grają rolę przewodnic dla styków ruchomych oraz wraz z obudową tworzą drugie przyłącze wyłącznika. Przez otwory w blasze przechodzą 3 dźwignie bakietowe, łącznie wał napędu ze stykami ruchomymi. W komorze znajduje się styk nieruchomy oraz dysza.



Rys. 9. Styk i talerzyki po próbach zwarciovych

Na lewo pokazano dla porównania styki, które nie podlegały wyżej wymienionej próbie; styki opalinowe przed próbą były opalone w uprzednich próbach

Wykonane próby zwarciovowe. a) Dla określenia przepięć powstających przy wyłączaniu prądów indukcyjnych, wykonano jednobiegunowe próby zwarciovowe dla odległości między elektrodami iskiernika pomocniczego, wynoszących kolejno w biegunach 20, 30 i 40 mm. Przy napięciu powrotnym 6 kV każdy biegun wyłączył prądy: 10, 40 i 100 A. Przebieg i wyłączenie prądu indukcyjnego, wynoszącego 40,4 A, podaje oscylogram na rys. 12 dla napięcia powrotnego wynoszącego 5,75 kV i odległości elektrod iskiernika pomocniczego 20 mm. Na rys. 13 przedstawiono przebieg napięcia powrotnego powstałego podczas wyłączania tego prądu. Próby powyższe wykonano również w Instytucie Elektrotechniki z wynikami analogicznymi.



Rys. 10. Wyłącznik typu 1075, R10, 1000 A, 400 MVA (znam.)

zwarciovowe przy tym napięciu mając na uwadze ustalenie czasów wyłączania, przy czym zastosowano opór bocznikowy 15 Ω przy odległości elektrod iskiernika pomocniczego 45 mm.

d) Dla określenia prądu załączalnego wykonano trójbiegunową próbę zwarciovą przy napięciu 400 V.

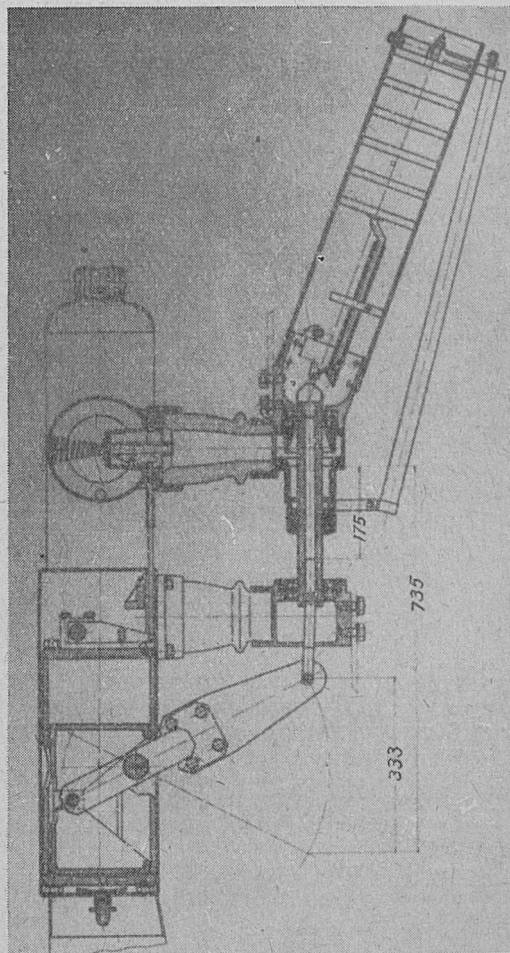
Tablica I. Przepięcia przy próbach zwarciovych wyrażone w wielokrotności amplitud napięcia powrotnego

Długość przerwy iskrowej (mm)	Wielokrotność amplitudy napięcia powrotnego przy wyłączanym prądzie								
	10 A			40 A			100 A		
	śred.	max.	min.	śred.	max.	min.	śred.	max.	min.
20	3,15	5,32	1,0	3,02	3,2	2,7	2,65	4,0	1,9
30	3,32	5,32	1,89	3,36	4,12	1,72	2,81	3,28	2,0
40	3,23	5,65	1,08	4,46	5,27	3,58	3,02	3,81	2,13

Przebieg gaszenia łuku w wyłączniku badanym nie różni się w sposób istotny od przebiegu w wyłącznikach powietrznych z wtłaczanym oporem.

Wyniki wykonanych prób zwarciovych. a) W tabl. I podano wartości przepięć jako wielokrotności amplitudy napięcia powrotnego. Jak widać, największe przepięcia występują przy największej spośród zastosowanych przerw między elektrodami iskiernika pomocniczego, a mianowicie 40 mm. Od-

chylenie wyniku dla prądu 100 A należy tłumaczyć rozrzutem wyników pomiaru. Można uważać, że większa liczba prób potwierdziłaby również dla prądu 100 A wyniki otrzymane dla prądów mniejszych. Należy zaznaczyć, że przy próbach między wyłącznikiem i transformatorem znajdowały się urządzenia o nieznacznej pojemności. W warunkach eksploatacyjnych między transformatorem i wyłącznikiem lub między wyłącznikiem i odbiornikiem będą włączane odcinki kabli, których pojemności będą się przyczyniać do znacznego zmniejszenia przepięć.



Rys. 11. Przekrój przez biegun wyłącznika powietrznego typu 1075

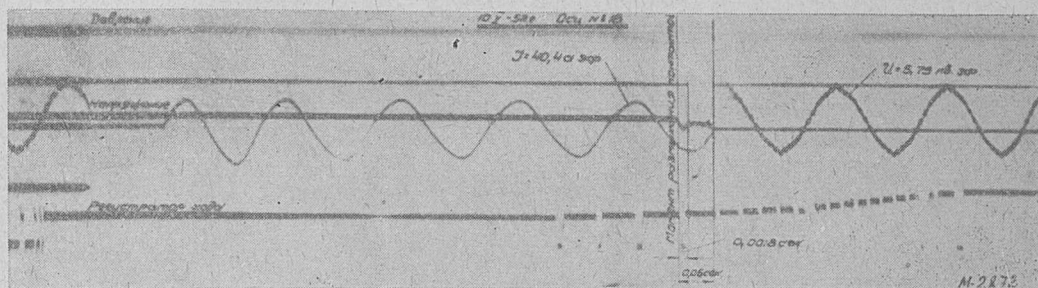
b) W wyniku prób wyłącznika przy napięciu 6 kV ustalono przy odległości elektrod iskiernika pomocniczego zarówno 20 mm, jak i 40 mm, że wyłącza on prąd o wartości 20 kA przy częstotliwości drgań napięcia powrotnego około 20 kHz. Przy obu odległościach czas gaszenia łuku w obwodzie głównym wynosił około 0,01 s, czas zaś gaszenia łuku w obwodzie pomocniczym (z oporem) — 0,005 s.

Zaobserwowano, że przy prądach przekraczających 10 kA wyrzut zjonizowanych gazów z tłumika stawał się widoczny, przy prądach zaś 20 kA wyrzut ten sięgał od 200 do 250 mm ponad poziom tłumika.

W czasie prób według szeregu łączy ZW-180-ZW-180-ZW przy napięciu powrotnym około 5 kV wyłącznik wyłączył prąd o wartości 18,25 kA. Prąd załączalny wynosił 56,6 kA.

Rys. 12. Przebieg wyłączonego prądu indukcyjnego wyłącznik t. 1075)

Prąd indukcyjny wyłączany 40,4 A. Napięcie powrotne 5,75 kV. Czas trwania łuku w obwodzie głównym 0,0018 s, w obwodzie pomocniczym 0,0382 s. Górna krzywa podaje przebieg ciśnienia w komorze, dolna — rejestrację ruchu styku (noża).

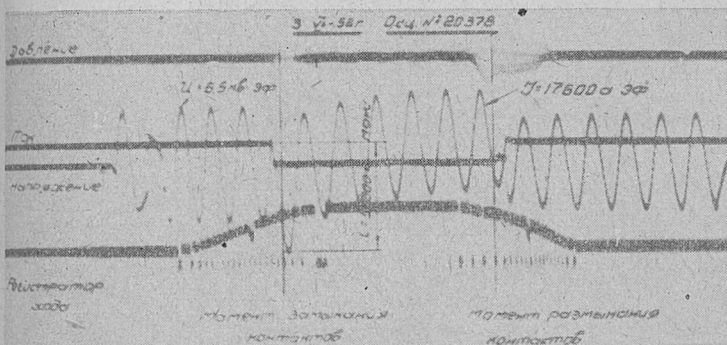
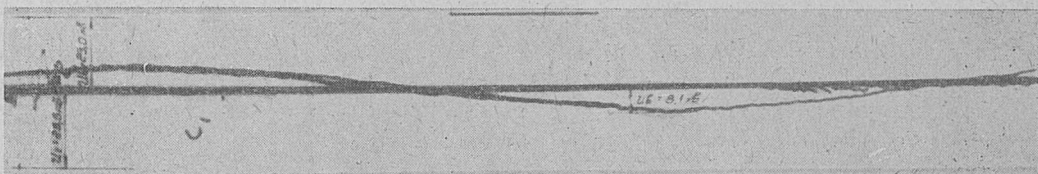


Przy napięciu 3 kV wykonano próby z przerwą iskrową 20 mm. Największy prąd wyłączany w czasie tych prób osiągnął wartość 36,7 kA przy napięciu powrotnym około 2,8 kV.

Przy wyłączaniu prądów przekraczających 27 kA wyrzut zjonizowanych gazów sięgał od 400 do 500 mm i przybierał postać płomienia.

Rys. 13. Przebieg napięcia powrotnego, powstałego przy wyłączaniu prądu według rys. 12

Napięcie powrotne 5,7 kV, przebieg 25,5 kV_{max}



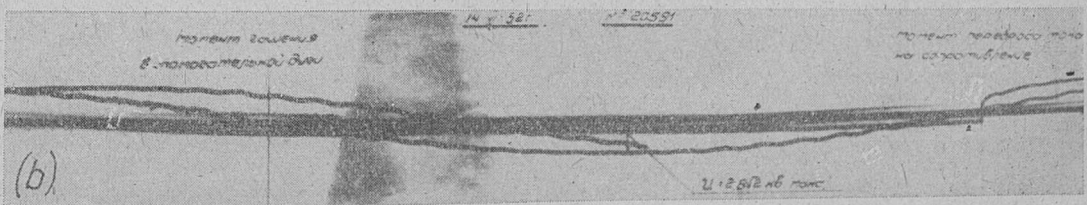
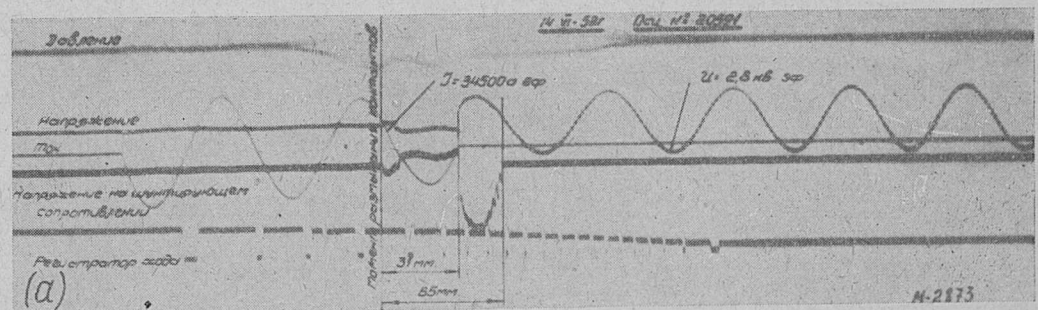
Rys. 14. Oscylograficzny przebieg wyłączonego prądu zwarcowego 17,6 kA przy napięciu powrotnym 6 kV (wyłącznik t. 1075)

Prąd załączany 56,8 kA_{max}, prąd wyłączany (w chwili rozejścia się styków) 17,6 kA. Górna krzywa podaje przebieg ciśnienia w komorze, dolna — rejestrację ruchu styku (noża).

Rys. 15. Oscylograficzny przebieg wyłączonego prądu zwarcowego 34,5 kA przy napięciu powrotnym 3 kV (wyłącznik t. 1075)

(a) Prąd wyłączany (w chwili rozejścia się styków) 34,5 kA, napięcie powrotne 2,8 kV. Czas trwania łuku w obwodzie głównym 0,013 s, w obwodzie pomocniczym 0,01 s. Górna krzywa podaje przebieg ciśnienia w komorze, dolna — rejestrację ruchu styku (noża).

(b) Na dolnym oscylogramie zaznaczono chwilę gaszenia łuku prądu oporowego oraz chwilę przerzutu prądu na opór.



Z analizy oscylogramów, otrzymanych przy wyłączaniu prądów przekraczających 27 kA, wynika, że proces wyłączania odbywa się ciężko.

Przy wyłączaniu prądu 34,5 kA styki rozchodzą się po 0,003 s od momentu przejścia prądu przez zero, łuk zaś zgaśnię nie po 0,007 s, lecz po 0,013 s. Wynika stąd, że przy wyłączaniu

prądu o tej wartości znacznie zatyka się dysza i znacznie obniża się prędkość narastania wytrzymałości przerwy izolacyjnej. Wskutek niskiego napięcia prądnic i wysokiego napięcia na łuku krzywe prądu w czasie drugiego półokresu zniekształ-

cają się, co nie pozwala na normalną ekstrapolację prądów wyłączanych z 3 kV na 6 kV dla prądów przekraczających 27 kA. Wobec tego ekstrapolację z napięcia 3 kV na napięcie 6 kV można zastosować dla prądów do 25 kA i uznać za moc wyłączalną wyłącznika 250 MVA przy napięciu 6 kV. Wniosek powyższy

jest ważny dla odległości elektrod iskiernika pomocniczego 20 mm.

c) Ponieważ wyłącznik o odległości elektrod iskiernika pomocniczego 45 mm i oporze bocznikowym 15 Ω wyłączał łatwo prądy od 0,915 do 5,35 kA przy napięciu powrotnym 16,7 kV, nie ma podstaw sądzić, iż wyłącznik nie wyłączy prądów 12—13 kA przy napięciu 15 kV. Można więc, uwzględniając jeszcze wyniki pomiarów przy 6 kV, uznać 300 MVA jako moc wyłączalną wyłącznika przy napięciu 15 kV.

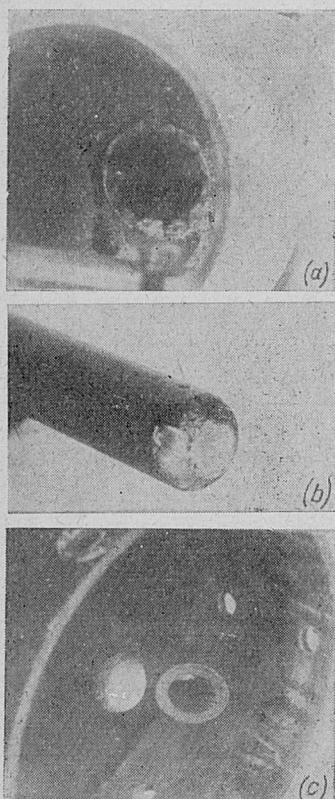
d) W roku 1949 stwierdzono, że prąd załączalny wynosił 100 kA. Próby dokonane w latach 1951/52 dały prąd załączalny 61 kA. Różnica wyników mogła być spowodowana indywidualnymi odchyleniami konstrukcyjnymi badanego egzemplarza wyłącznika.

C. Wyłącznik małoolejowy typu 1072, R10, 600 A, 200 MVA.

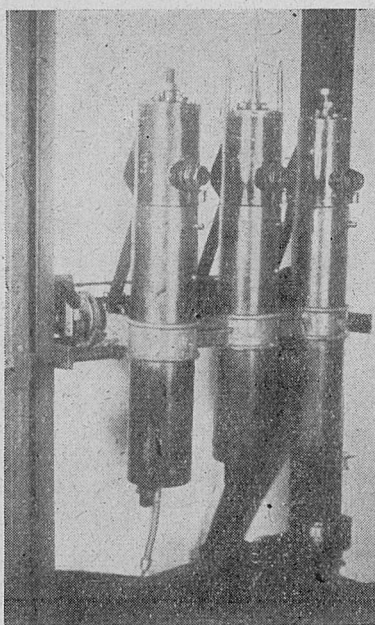
Wygląd ogólny wyłącznika przedstawia rys. 17, przekrój zaś jednego bieguna rys. 18. Wyłącznik niżej opisany

ma komorę i styk nieruchomy konstrukcji WEI, ponieważ komory polskiej konstrukcji nie spełniły wymagań w stosunku do mocy wyłączalnej. Komory były typu różnicowego i elastycznego.

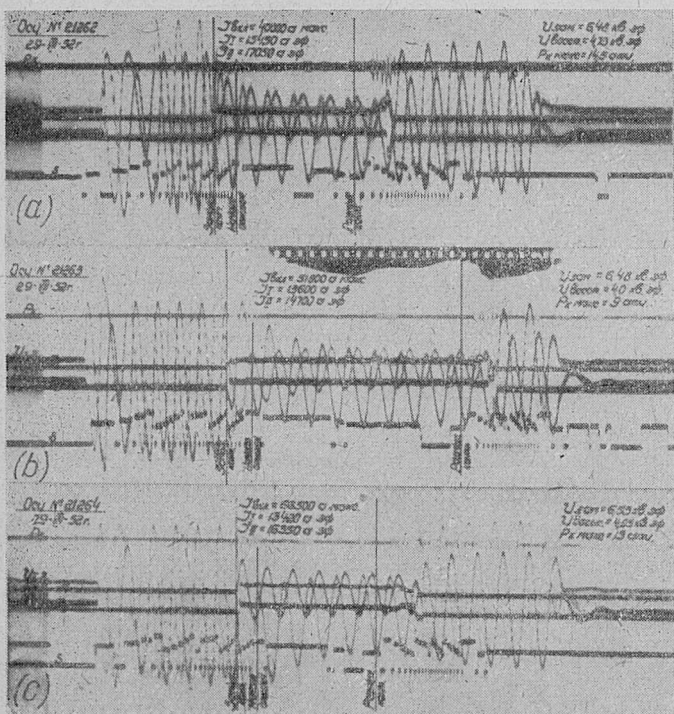
Opis wyłącznika. Bieguny wyłącznika są zamocowane w potrójnym uchwycie żeliwnym, stanowiącym konstrukcyjny szkielet wyłącznika. Głównym elementem konstrukcyjnym



Rys. 16. Komora, styk ruchomy oraz elektroda iskiernikowa pomocniczego po próbach zwarciovych)



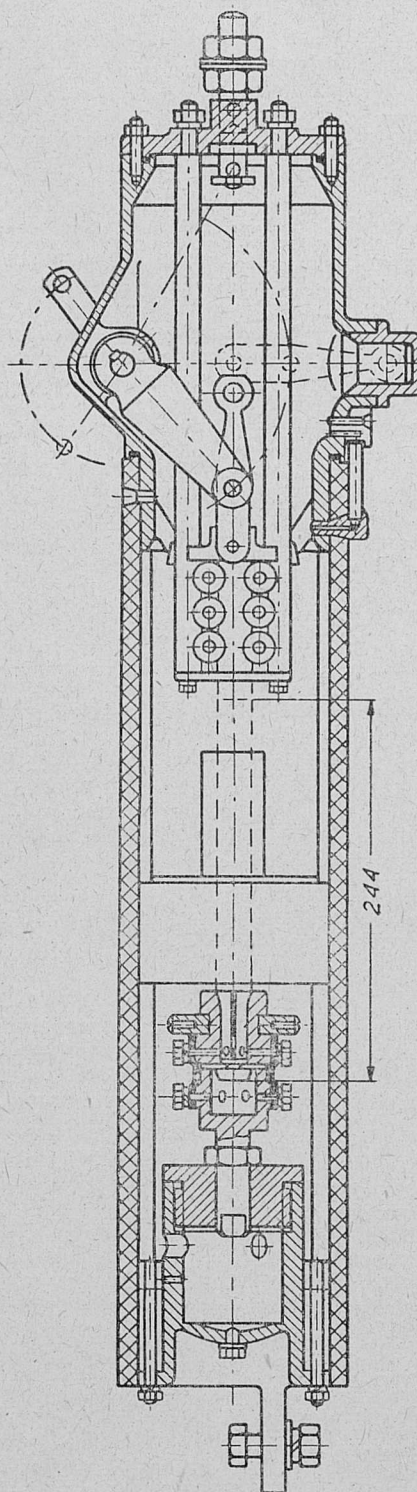
Rys. 17. Widok ogólny wyłącznika t. 1072, R10, 600 A, 200 MVA (umocowanie w ramie podczas próby)



Rys. 19. Oscylogram prądów wyłączonych i napięć powrotnych, otrzymanych w próbie według szeregu łączności ZW-180-ZW-180-ZW

		a	b	c
Prąd załączany	(kA _{max})	40	51,8	66,5
Prąd wyłączany (w chwili rozejścia się styków) I_I	(kA _{sk})	15,45	13,6	15,42
Prąd wyłączany (w chwili rozejścia się styków) I_{III}	(kA _{sk})	17,05	14,7	16,55
Napięcie przed zwarciem	(kV)	6,48	6,48	6,55
Napięcie powrotne	(kV)	4,73	4	4,25
Największe ciśnienie w komorze	(at)	14,5	9	13

bieguna wyłącznika jest rura bakielitowa, do której od dołu wsunięty jest cylinder aluminiowy, w który wbudowany jest styk nieruchomy (WEI), od góry zaś głowica aluminiowa, w

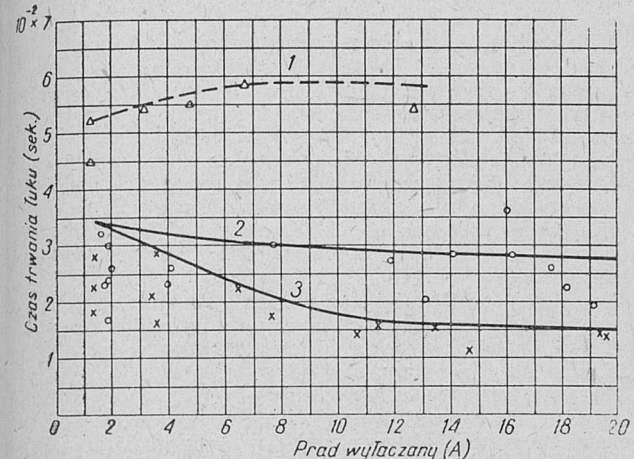


Rys. 18. Przekrój jednego bieguna wyłącznika t. 1072, R10, 600 A, 200 MVA

którą wbudowane są przewodnice styku ruchomego, rolki, styk ruchomy oraz dźwignie wprowadzające styk w ruch. Na dolnym cylindrze wspiera się rura bakielitowa, na której z kolei oparta jest komora (WEI), dociskana z góry drugą rurą bakielitową. Górna rura bakielitowa jest dociskana do komory głowicą, przymocowaną do zewnętrznej rury bakielitowej za pomocą wkrętów. Zewnętrzna dźwignia głowicy połączona jest za pomocą listwy bakielitowej z wałem napędu, obracającym się w łożyskach umocowanych w szkieletie wyłącznika. Wyłącznik wyposażony był w 8 sprężyn wyłączających. Najważniejszym ry-

sem konstrukcji wyłącznika jest konieczność utrzymania przepisanej odległości między komorą i stykiem nieruchomym. Wykonane próby zwarciove. Dla określenia mocy wyłączalnej wyłącznika przy napięciu 6 kV wykonano: a) próby zwarciove jedno- i trójbiegunowe; 2) próby wyłączania prądów od 1 do 19,5 kA przy napięciu powrotnym 6 kV; 3) próby według szeregu łążeń ZW-180-ZW-180-ZW przy prądzie wyłączanym około 16 kA i napięciu powrotnym około 6 kV (rys. 19).

Wyniki prób. Wyłącznik wytrzymał szereg łążeń i wykazał niezawodne działanie przy załączaniu i wyłączaniu prądów około 19,5 kA przy napięciu powrotnym 6 kV. Ciśnienia,



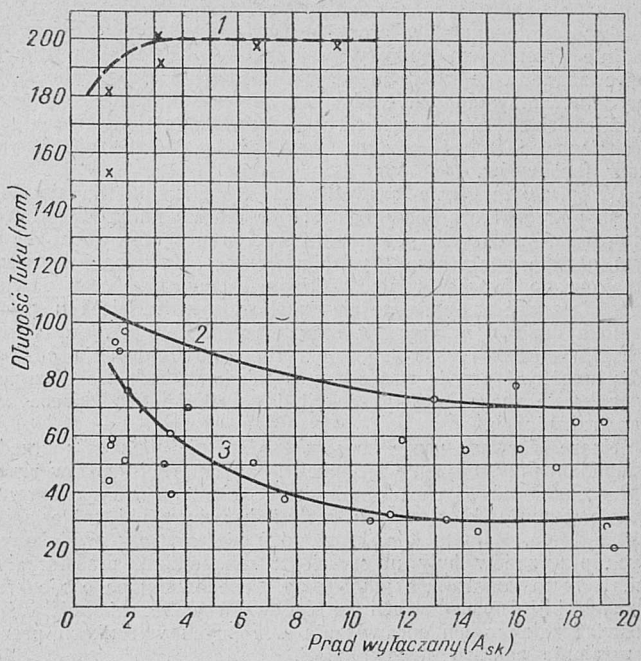
Rys. 20 Zależność czasu trwania łuku od prądów wyłączanych
1 — komora elastyczna
2 — komora WEI (próby trójbiegunowe)
3 — komora WEI (próby jedenbiegunowe)

które występowały podczas wyłączania, były małe i o krótkim przebiegu. Dla wykazania różnicy w działaniu komór WEI oraz komory elastycznej konstrukcji polskiej podano na rys. 20: zależności czasu trwania łuku od prądów wyłączanych (rys. 20) oraz krzywe zależności długości łuku od prądów wyłączanych (rys. 21). Z rysunków widać, że komora WEI daje wyniki znacznie korzystniejsze.

Rys. 22 przedstawia zdjęcie styków ruchomych po próbach. W wyniku prób stwierdzono, że jako most wyłączalną wyłącznika należy uznać 200 MVA przy 6 kV.

8. Zakończenie.

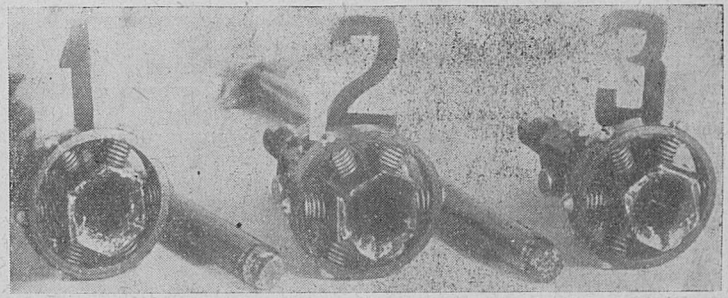
Przedstawione wyżej w zwięzłym skrócie wyniki prób wyłączników stanowią wystarczającą podstawę do wysnucia konkretnych wniosków, dotyczących produkcji tych tak istotnych dla gospodarki energetycznej kraju urządzeń. Na podstawie uzyskanych wyników będzie już w roku 1954 uruchomiona produkcja seryjna wyłącznika typu 1124 w wykonaniu napowietrznym i wewnątrzowym. Wyłącznik ten zastąpi dotychczas używany wyłącznik małoolejowy typu 695 (produkcji Zakładu A-10), który ma małą moc wyłączalną, duże wymiary i duży ciężar i jest trudny w produkcji.



Rys. 21. Zależność długości łuku od prądów wyłączanych
1 — komora elastyczna
2 — komora WEI (próby trójbiegunowe)
3 — komora WEI (próby jedenbiegunowe)

Na podstawie wyników prób z roku 1949 uruchomiono już od roku 1949 produkcję wyłącznika 1075.

Należy jeszcze stwierdzić, że wyłącznik typu 1072 winien ze względu na swe zalety (mały gabaryt, krótki czas trwania i małą długość łuku, małe i krótkotrwałe ciśnienia) być odda-



Rys. 22. Widok styków po próbach

ny do produkcji w najbliższym czasie. Możliwość wykonania prób wyłącznika wysokiego napięcia w zwarciozni WEI dała pozytywny i praktycznie korzystny wynik dla sprawy rozbudowy i zwiększenia sprawności krajowej sieci energetycznej.

MGR INŻ. ANDRZEJ PODGÓRSKI
Instytut Elektrotechniki

Wyniki prób przyrządów rozdzielczych niskiego napięcia produkcji krajowej

621.316.5.002.6:621.316.267.027.2 (438)

Treść. Warunki rozwoju krajowych konstrukcji przyrządów rozdzielczych niskiego napięcia oraz ogólne wyniki wykonanych prób.

Результаты испытания распределительной аппаратуры низкого напряжения отечественного производства. Условия развития этой аппаратуры и общие выводы вытекающие из испытаний.

Test results of Polish-made L. T. switchgear. Conditions for the development of Polish-designed L. T. switchgear, and general results of tests carried out.

1. Ogólne cechy charakterystyczne powojennej produkcji przyrządów rozdzielczych niskiego napięcia.

W ramach odbudowy i rozbudowy naszego przemysłu bezpośrednio po wojnie uruchomiono produkcję przyrządów rozdzielczych niskiego napięcia jako niezbędnych elementów wielu nowoczesnych urządzeń przemysłowych. Związane to było z koniecznością pokonania licznych trudności. Wprawdzie przed wojną było u nas kilka prywatnych wytwórni przyrządów rozdzielczych niskiego napięcia, jednak produkcja ich była —

wskutek słabego uprzemysłowienia kraju i związanych z tym ograniczonych możliwości zbytu — niewielka zarówno pod względem ilości, jak i rodzaju aparatury.

Wobec kapitalistycznej formy tej wytwórczości wszelkie prace konstruktorskie miały ograniczone warunki rozwoju; produkowane przyrządy wzorowane były w większości przypadków na rozwiązaniach obcych, przeważnie niemieckich. Ale i ten skromny raczej dorobek przedwojenny uległ dewastacji podczas wojny wskutek niszczenia i wywożenia urządzeń fabrycznych

przez okupanta, rozproszenia pracowników oraz zaginięcia większości dokumentów produkcyjnych. Przed powstającym po wojnie przemysłem budowy przyrządów rozdzielczych stało więc zagadnienie pokrycia szybko rosnącego zapotrzebowania aparatury przy słabych tradycjach konstruktorskich, skromnych możliwościach produkcyjnych, bez odpowiedniej dokumentacji technicznej i technologicznej, przy pomocy jedynie nielicznych kadr fachowców.

W pierwszej fazie rozwoju dla zaspokojenia najistotniejszych potrzeb bieżących przemysłu oparto się na produkcji według wzorów obcych, tj. na najszerzej u nas wprowadzonej w tym okresie aparaturze typu niemieckiego. Jednocześnie przystąpiono do tworzenia placówek konstrukcyjnych oraz nawiązano łączność z nowocześnie postawionym radzieckim przemysłem budowy przyrządów rozdzielczych. Ten pierwszy okres rozwoju oprócz częściowego pokrycia zapotrzebowania odbiorców umożliwił przede wszystkim wyszkolenie kadr technicznych w zakresie technologii produkcji i samodzielnych opracowań konstrukcyjnych.

Nasze pierwsze prace konstrukcyjne miały na celu przede wszystkim przyspieszenie produkcji i obniżenie jej kosztów przez upraszczanie trudnych technologicznie elementów oraz ograniczanie zużycia kosztownych metali kolorowych i materiałów izolacyjnych. Było to konieczne, gdyż pierwotne produkowane przyrządy były najczęściej rozwiązaniami przestarzałymi. Były to konstrukcje jakościowo niezadowalające o nieokreślonych bliżej parametrach katalogowych wobec niemożności doświadczenia ich sprawdzenia w różnych warunkach pracy i ustalenia zakresu stosowności.

Sytuacja powyższa uległa zmianie dopiero z chwilą przystąpienia do realizacji zadań Planu 6-letniego, kiedy uruchomiona została zwarcionia sieciowa niskiego napięcia Instytutu Elektrotechniki, a biura konstrukcyjne Zakładów A-11 i A-8 opracowały szereg własnych koncepcji przyrządów rozdzielczych niskiego napięcia. W ten sposób, opierając się na stałej stacji doświadczalnej, stworzono warunki właściwego rozwoju krajowej myśli konstruktorskiej, co pozwoliło wprowadzić do produkcji m. in. samoczynne suche wyłączniki niskiego napięcia typu WSS, wyłączniki tzw. morskie typu ATS, proste konstrukcyjnie styczniki prądu stałego wzorowane na rozwiązaniu radzieckim, opracować próbną serię uniwersalnych wyłączników niskiego napięcia typu APU i dokonać szeregu istotnych udoskołań technicznych w istniejących konstrukcjach.

Pomimo wielu trudności, jak brak personelu, nieodpowiednio prowadzona kontrola techniczna i braki materiałowe, postawione w ten sposób zagadnienie budowy przyrządów rozdzielczych niskiego napięcia — przy jednoczesnym wprowadzaniu nowych metod pracy i udoskonaleniu technologii produkcji — może zapewnić należyty rozwój tej gałęzi przemysłu, a odbiorcy umożliwić w przyszłości właściwe wykorzystanie urządzeń przez stosowanie aparatury rozdzielczej wysokiej jakości o ściśle określonym zakresie zastosowania.

2. Wyniki prób krajowych przyrządów rozdzielczych niskiego napięcia.

Dzięki prowadzonym systematycznie od 1950 r. w zwarcionia sieciowej Instytutu Elektrotechniki próbom przyrządów rozdzielczych n. n. poszczególne elementy tych przyrządów ulegają ciągłej ewolucji, którą cechuje zdecydowany zwrot w kierunku wprowadzania nowoczesnych rozwiązań układów: gaszenia łuku, styków głównych oraz przejść przewodzących pomiędzy ruchomymi i nieruchomymi częściami przyrządów. Istnieje ponadto dążność udoskonalania konstrukcji napędów, wyzwalaczy elektrodynamicznych oraz wprowadzania tzw. kostkowej budowy przyrządów, umożliwiającej łatwy ich montaż, wymianę i ekonomiczne wyzyskanie przestrzeni rozdzielni. Wszystkie powyższe konstrukcje są opracowywane z myślą o jak najoszczędniejszym zużyciu materiałów i możliwie prostym sposobie wykonania.

Skalę postępu w ostatnich trzech latach w dziedzinie konstrukcji przyrządów niskiego napięcia ilustruje np. ewolucja układów gaszenia łuku w samoczynnych wyłącznikach suchych. Produkowane w 1950 r. wyłączniki cechowały m. in. komory tzw. typu otwartego o wymiarach około 350 mm × 300 mm × 60 mm, skomplikowane i trudne do montażu układy cewek gaszących, szybko zużywające się styki opalne, szczotkowe miedziane styki główne oraz tzw. przejścia podatne wykonane z folii miedzianej. Ostatnie opracowania wyłączników — przy tym samym rzędzie wielkości prądu znamionowego — cechują m. in. nowoczesne półzamknięte komory płytkowe lub kółkowe o wymiarach około 200 mm × 200 mm × 40 mm, usunięcie konieczności stosowania cewek gaszących, styki opalne z nakładkami ze spie-

kow wolframowo-srebrnych o dużej trwałości, adynamiczne układy styków głównych punktowych lub liniowych z nakładkami srebrnymi oraz przejścia podatne z plecionki miedzianej lub dociskowe. Przy znacznym zmniejszeniu obrysów i wymiarów tzw. wolnej przestrzeni nad wyłącznikami zdolności wyłączników ostatnich opracowań jest rzędu 15—20 kA w porównaniu z 4 kA wyłączników z 1950 r. w analogicznych warunkach próby.

Pierwszymi próbami przyrządów niskiego napięcia w zwarcionia Instytutu Elektrotechniki objęte były wyłączniki typu NZO. Wyłączniki te, produkowane w pierwszym etapie rozwoju naszego przemysłu aparatury, zastosowano u wielu odbiorców przemysłowych, od których zaczęły napływać poważne zarzuty co do ich działania w eksploatacji niezgodnego z założonymi danymi znamionowymi.

Badania podjęte w celu ustalenia zakresu stosowności tych wyłączników wykazały szereg ich wad konstrukcyjnych, przede wszystkim wadliwe rozwiązanie układu gaszenia łuku i styków głównych oraz zastosowanie nieodpowiedniego materiału na wsporcza płyt izolacyjną, która przy niewłaściwym kierunku wyrzutu łuku z komory ulegała zwęglaniu, co było przyczyną powstawania na wyłączniku zwarc międzybiegunowych. Wyłączniki te wycofano z produkcji, a zakres zastosowania już wytworzonych ograniczono do układów przeważnie 220-woltowych o niewielkich prądach zwarcia, gdzie nie powodują one zaburzeń.

Znaczenie możliwości połączenia systematycznych prób z umiejętnością właściwego analizowania przez konstruktora wyników badań uwypukla historia rozwoju wyłącznika typu WSS oraz opracowania prototypu wyłącznika APU.

Pierwsze warianty krajowych suchych wyłączników rozdzielniowych typu WSS, 200 A, wskutek nieodpowiedniej konstrukcji komór, sposobu współdziałania styków głównych z opalnymi oraz sposobu wykonania doprowadzeń szynowych wyłączwały zaledwie prądy rzędu 5 kA przy 500 V.

Analiza wyników dalszych prób wykonanych z wariantami różnych udoskołań konstrukcji spowodowała zastosowanie w rezultacie komór płytkowych z magnetycznym prowadzeniem łuku, ulepszenie współdziałania układów stykowych oraz wprowadzenie przegród międzybiegunowych i zatablicowego sposobu doprowadzeń szynowych. Dzięki tym ulepszeniom wyłącznik wyłącza prądy rzędu 16 kA i od roku objęty jest produkcją bieżącą, aczkolwiek prace nad dalszym udoskonaleniem jego konstrukcji są w pełnym toku.

Prototyp przemysłowego suchego wyłącznika uniwersalnego typu APU, 400 A, został opracowany dzięki ambitnym założeniom konstruktorów utworzenia grupy wyłączników niskiego napięcia o budowie kostkowej, o tym samym obrysie i tej samej zdolności wyłączenia, różniących się jedynie obciążalnością znamionową tak, aby zwiększyć ich elementów konstrukcyjnych była wspólna dla całej grupy, co powinno ułatwić technologię produkcji. Po analizie prób innych typów wyłączników o różnych wykonaniach poszczególnych elementów układu gaszenia łuku w prototypie wyłącznika APU zastosowano szereg oryginalnych rozwiązań, jak np. dyszowe komory gaszące ze stalowymi płytkami dejonizującymi i magnetycznym prowadzeniem łuku, przegrody między stykami opalnymi i głównymi, adynamiczny układ stykowy, nakładki spiekowe na stykach opalnych i inne.

W próbach zwarcionych prototyp wyłączał najwyższe prądy w granicach możliwości stacji, tj. rzędu 18 kA przy 500 V, rukując pomyślne wyniki przy jeszcze większych prądach. Na podstawie wyników powyższych prób opracowano doświadczalną serię wyłączników typu APU o różnej obciążalności znamionowej, w których wprowadzono szereg dalszych ulepszeń konstrukcyjnych. Wyłączniki te są poddawane obecnie za granicą próbom mającym na celu ostateczne ustalenie parametrów znamionowych typu.

Oprócz powyższych wyłączników zbadano w warunkach zwarcionych suche wyłączniki typu ATK, 1500 A, ATK, 2 × 400 A, oraz ATK, 400 A, przy czym stwierdzono, że zdolność wyłączenia wyłącznika ATK, 1500 A, przekracza możliwości stacji, to znaczy jest większa niż 17 kA przy 500 V, że prąd wyłączałny wyłącznika ATK, 2 × 400 A, jest rzędu 10 kA przy 500 V, a budowa wyłącznika ATK, 400 A, wymaga szeregu poprawek dla spełnienia przez niego założeń konstrukcyjnych.

Przeprowadzono ponadto próby z wyłącznikami olejowymi niskiego napięcia typu 544, 350 A, które wykazały dużą zdolność gaszenia łuku przez wyłącznik takiej konstrukcji przy jednoczesnym ograniczeniu mocy wyłączalnej do około 8 kA przy 500 V wskutek niewielkiej odporności układu stykowego na dynamiczne działanie prądu. Stwierdzono po-

możliwość wywoływania przez powyższy typ wyłącznika dość znacznych przepięć w eksploatacji wskutek intensywnego gaszenia łuku i szybkiego rozrywania się styków.

Próby bezpieczników wielkiej mocy miały na celu sprawdzenie zgodności przebiegu ich rzeczywistych charakterystyk z charakterystykami założonymi przez konstruktora. Badania dokonano w zakresie do ~ 9 kA przy 500 V, przy czym stwierdzono odchylenia rzeczywistych przebiegów charakterystyk w kierunku zwiększania czasu dla mniejszych wielokrotności prądu. Obecnie są w opracowaniu bezpieczniki wielkiej mocy o konstrukcji zmierzającej do polepszenia wielu ich właściwości przy uzyskaniu dużej oszczędności materiału i uproszczeniu technologii produkcji.

Zbadano ponadto szereg wielkości prądowych wkrętownych bezpieczników instalacyjnych dla ustalenia granicznych wartości wyłączanego prądu. Na podstawie tych prób stwierdzono bardzo dużą rozbieżność wartości prądów wyłączalnych dla różnych bezpieczników różnych wielkości tak, że na podstawie wykonanych badań można wysnuć jedynie ogólny wniosek, że bezpieczniki tego rodzaju można stosować w układach, w których prąd zwarciaowy jest rzędu kilku kilowoltów przy 380 V.

Jak wyniki prób samoczynnych wyłączników niskiego napięcia wywarły decydujący wpływ na pracę biur konstrukcyjnych i związany z tym postęp w dziedzinie konstrukcji tych aparatów, tak analiza wyników badania styczników oraz łączników dźgłkowych dociskowych i walcowych spowodowała rewizję przyjętych warunków prób i zapoczątkowała szereg prac, mających na celu ustalenie szczegółowego sposobu badania różnych rodzajów przyrządów rozdzielczych niskiego napięcia (ob. rozdz. 3).

Równoległe do prac powyższych i w nawiązaniu do wysuwających się z nich wniosków postępowały prace biur konstrukcyjnych w kierunku doskonalenia konstrukcji przyrządów przy odpowiednim sposobie interpretacji warunków ich pracy. Doprowadziło to do opracowania dwóch prototypów styczników na ciężkie warunki pracy.

Produkowane w pierwszym etapie rozwoju przyrządy rozdzielcze zbliżone były na ogół do rozwiązań niemieckich, z czym wiązało się nastawienie na badanie aparatury rozdzielczej według norm VDE. Zarówno jednak powojenne normy VDE z 1947 r., jak i współczesne im inne normy obce, nie podawały w dostatecznie ścisły sposób warunków prób aparatury niskiego napięcia. Z powyższego względu przyjęto wówczas, że wielkość prądowa styczników oraz łączników dźgłkowych, dociskowych i walcowych odpowiada prądom znamionowym silników przy znamionowym napięciu przyrządów. Postanowiono przeto badać powyższe przyrządy w przybliżonych warunkach pracy odpowiednich silników, tj. przy założonej liczbie i częstotliwości łączeń prądów znamionowych przy $\cos \phi$ około 0,7 oraz przy sześciokrotnych prądach znamionowych z uwzględnieniem konieczności wyłączania zahamowanych silników klatkowych.

Wyniki prób wykonanych w takich warunkach okazały się na ogół niepomysłne.

Styczniki typu N 107-III, z wyjątkiem stycznika na 15 A, cechowały odeskimi układami stykowymi przy załączaniu oraz niewłaściwie dobrane gaszenie magnetyczne, powodujące wyrzut łuku na poziomie dolnych części komór gaszących i prowadzące do zwarć międzybiegunowych na wysokości doprowadzeń ruchomych. W badanym styczniku typu St, 350 A, stwierdzono niekorzystny wpływ części stalowych znajdujących się w pobliżu przerwy łukowej, co w połączeniu z nieodpowiednio wykonaną pętlą układu stykowego powodowało sprowadzanie łuku do dołu i zwarcie na przyrządzie. Szczegółowa analiza konstrukcji doprowadziła do zastosowania przez konstruktora odpowiednich osłon i układów prowadzenia łuku wewnątrz komory, w wyniku czego podczas ostatnich prób stwierdzono całkowicie poprawne działanie tego samego typu stycznika pomimo znacznie ostrzejszych warunków próby, wprowadzonych na życzenie konstruktora.

Z łączników dźgłkowych jedynie łączniki do 200 A wykazywały poprawnie prądy znamionowe, natomiast na większych łącznikach powstawały zwarcia pomiędzy stykami nieruchomymi, przerzucające się na zaciski. W łącznikach tych stwierdzono ponadto nieodpowiednie własności mechaniczne stosowanych materiałów izolacyjnych, niską wytrzymałość cięgien w łącznikach wielkości 60 i 100 A oraz niedogodne z punktu widzenia montażu rozwiązanie zacisków.

Stosunkowo lepiej, dzięki zastosowanym komórkom gaszącym i dwuprzerwowemu odsprężynowanemu układowi styków, działały w podanych wyżej warunkach prób łączniki dociskowe okaptowane, z wyjątkiem łącznika na 600 A.

Ustalono również, że łączniki dźgłkowe i dociskowe w eksploatacji należy traktować zasadniczo jako odłączniki, przy czym katalogowe wartości dopuszczalnych prądów wyłączalnych przy różnych napięciach i współczynnikach mocy będą podane przez zakłady wytwórcze po wykonaniu odpowiednich badań.

Z łączników walcowych zbadano przełączniki GT, 25 A, i GT, 100 A, przy czym stwierdzono prawidłowość działania przełącznika na 25 A. Przełącznik GT, 100 A, z punktu widzenia gaszenia łuku zachowywał się poprawnie, jednak wskutek niewłaściwego rozwiązania układu stabilizującego położenie walca stwierdzono bezpośrednie przerzucanie się układu ruchomego przez dwa położenia, co doprowadziło do powstania zwarcia na stykach przyrządu. W przełączniku tym stwierdzono ponadto niedogodne z punktu widzenia montażu rozwiązanie zacisków.

3. Ustalenie warunków badania różnych rodzajów aparatury niskiego napięcia.

Krytyczna ocena omówionych wyżej wyników prób styczników oraz łączników dźgłkowych, dociskowych i walcowych znalazła swój wyraz w zwiększeniu wysiłków konstruktorów do usunięcia przyczyn wadliwego działania przyrządów oraz w analizie i rewizji dotychczasowych naszych poglądów co do zakresu stosowalności i warunków pracy różnych rodzajów aparatury niskiego napięcia.

Należy przyznać, że byliśmy wówczas zasugerowani pojęciem prądu znamionowego łączników, określanego nie dość ściśle w ówczesnych normach obcych i tendencyjnie przejawianego ze względów reklamowych w katalogach większości państw kapitalistycznych.

Toteż z chwilą zrozumienia, że prąd znamionowy łącznika — istotny jedynie dla jego nagrzewania się — niewiele ma wspólnego z eksploatacyjnymi warunkami pracy, wytyczono właściwy kierunek studiów nad ustaleniem sposobu badania aparatury niskiego napięcia.

Dokonane w Instytucie Elektrotechniki i z jego inicjatywy badania warunków współpracy różnych rodzajów łączników z zasadniczym rodzajem ich obciążenia, tj. silnikami, pozwoliły zebrać odpowiedni materiał doświadczalny, który przedyskutowano następnie na szeregu zebrań z konstruktorami aparatury i porównano z fragmentami analogicznych materiałów z literatury technicznej.

Instytut Elektrotechniki opracował na tej podstawie tymczasowe instrukcje sposobu badania aparatury niskiego napięcia, zatwierdzone kolegiąlnie przez konstruktorów i wprowadzone do użytku wewnętrznego w przemyśle przyrządów rozdzielczych do czasu opracowania właściwych norm przez PKN.

Słuszność przyjętego kierunku prac i wypływających z nich wniosków potwierdza to, że przy opracowywaniu większości ostatnio wydanych norm i przepisów obcych, a przede wszystkim radzieckich, kierowano się analogicznymi przesłankami i że wyniki — ujęte w formie warunków prób i sposobu ich wykonania — są na ogół uderzająco zbliżone z naszymi.

Badania wykazały, że przyjęte pierwotnie warunki prób styczników oraz łączników dźgłkowych, dociskowych i walcowych odbiegają na ogół znacznie od ich warunków eksploatacyjnych. Stwierdzono np., że przy wyłączaniu prądów znamionowych silników napięcie między stykami otwierającego się biegunu łącznika wynosi zaledwie około 30% znamionowego napięcia fazowego. Stwierdzono jednak też, że np. przy szybkiej zmianie kierunku wirowania silników napięcie między stykami zamykającego się biegunu łącznika może dochodzić do $\sim 170\%$ znamionowego napięcia fazowego, a uderzenie prądu do ~ 10 -krotnej wartości prądu znamionowego silnika.

Ze względu na niemożność badania u nas aparatury łącznie z odpowiednimi silnikami wypośredkowano u nas powyższe warunki pracy i wprowadzono je w postaci prób zastępczych do odpowiednich instrukcji badania.

Ustalono ponadto, że przede wszystkim należy wykonać wstępne próby, mające na celu określenie rodzaju i zakresu stosowalności różnych przyrządów, dla jednoznacznego określenia przedmiotu objętego warunkami prób poszczególnych instrukcji i dla uniknięcia ewentualnych niewłaściwości w sposobie badania. Dotyczy to przede wszystkim łączników dźgłkowych i dociskowych.

Sposób ujęcia niektórych zagadnień w tymczasowych instrukcjach badania jest następujący. Instrukcje zasadniczo określają warunki prób typu przyrządów rozdzielczych, aczkolwiek pewne ich punkty mogą być odpowiednio zmodyfikowane dla warunków odbiorczych prób wyrobu.

Dla wszystkich rodzajów aparatury instrukcje przyjmują określoną i logicznie uzasadnioną kolejność wykonywania poszczególnych prób tak, aby ich wyniki konsekwentnie uzależnić

w pewnym stopniu od siebie. Tym się tłumaczy np. wykonywanie próby nagrzewania po próbie wytrzymałości mechanicznej styków oraz sprawdzające próby nagrzewania po próbach łączalności przetężeniowej i próbach wytrzymałości cieplnej i dynamicznej.

Przy próbach styczników odpowiednia instrukcja (jak analogiczna norma GOST) wprowadza próby zastępcze przy pełnym napięciu znamionowym i przy siedmiokrotnym prądzie znamionowym łącznika.

Instrukcja prób łączników wałcowych wprowadza próby zastępcze przy różnych wartościach napięć znamionowych i różnych wielokrotnościach prądu znamionowego silników według katalogowych danych zależnie od zakresu stosowności i przeznaczenia przyrządu.

W instrukcji badania samoczynnych wyłączników suchych uwzględniono odpowiedni cykl próby. Ze względu na stwierdzone uprzednio spiekanie się styków przy dłuższym przepływie prądu zwarcowego, powodujące obniżenie zdolności gaszenia łuku, wprowadzono w sposobie wykonywania próby zwarcowej warunek samoczynnego wyzwolenia wyłącznika przez własne wyzwolacze elektromagnetyczne z wykluczeniem wszelkiego sterowania obcego, jak to się dawniej odbywało. Ponieważ tego rodzaju działanie przyrządu badanego uniemożliwia najczęściej dokładne określenie składowej zmiennej ustalonego prądu zwarcia (zwarcie może być wyłączone po upływie $\sim 1,5$ okresu jego trwania), powstała konieczność tzw. wzorcowania obwodu zwarcia bezpośredniego, przy próbie dla jednoznacznego określenia prądu wyłączanego, przy uwzględnieniu wpływu oporności czynnej i biernej łącznika na wartość prądu.

Aczkolwiek instrukcje powyższe nie obejmują całokształtu prób aparatury i jako pierwsze tego rodzaju opracowanie dalekie są od doskonałości, to jednak spełniana przez nie dotychczas rola norm wewnętrznych i sposób ujęcia przez nie zagadnienia stanowią poważny przyczynek w dziedzinie prac normalizacyjnych aparatury niskiego napięcia i jako takie powinny być uwzględnione przy opracowywaniu normy państwowej przez PKN.

4. Podsumowanie powyższych rozważań.

Wykonywane systematycznie od roku 1950 próby różnych rodzajów przyrządów rozdzielczych niskiego napięcia wskazują na ciągły rozwój naszego przemysłu aparatury. Wykładni-

kiem tego rozwoju jest działalność biur konstrukcyjnych, która dała nam kilka ciekawych opracowań prototypów przyrządów oraz udoskonalenie szeregu istniejących rozwiązań. Wyda się, że zwiększenie wydajności i ułatwienie pracy na tym polu można by uzyskać przez odpowiednie wyposażenie przykładowych pracowni prototypów i utworzenie omówionych w innym referacie laboratoriów badania poszczególnych elementów aparatury, które uzupełniałyby laboratorium niskich napięć Instytutu Elektrotechniki i ściśle współpracowały z Instytutem Elektrotechniki.

Wykonanie przyrządów z bieżącej produkcji budzi jeszcze niestety, wiele zastrzeżeń zarówno co do jakości używanych materiałów, dokładności obróbki, jak i co do staranności montażu oraz wykończenia.

Ponieważ na obecnym etapie naszego rozwoju przemysłowego nie tylko ilość, lecz i jakość produkcji odgrywa decydującą rolę, przeto należy zwiększyć wysiłki ku poprawie istniejącego stanu w tej dziedzinie.

Zarówno wyposażenie techniczne działów kontroli, jak i kwalifikacje pracowników wykazują braki, które należy usunąć przez budowę odpowiednich laboratoriów przykładowych i szkolenie pracowników tak, aby praca działów kontroli obejmowała zarówno kontrolę ostateczną wyrobu, jak i staranne sprawdzanie materiałów do produkcji, oraz odbiór z produkcji i montażu części złożonych, podzespołów czy zespołów.

Należy stwierdzić, że wiele zakładów produkcyjnych ma niepełną dokumentację techniczną wytwarzanych przyrządów, co utrudnia sprawdzenie prawidłowości ich wykonania (np. brak metryk sprężyn), oraz że działy kontroli nie mają często odpowiednich instrukcji co do sposobu wykonywania różnych prób, albo też instrukcje takie nie są jednakowe, wskutek czego podobne przyrządy produkowane przez różne zakłady sprawdzane są przez kontrolę w rozmaity sposób.

Wyda się, że inicjatywa opracowania jednolitych norm produkcyjnych, zapoczątkowana przez jeden z zakładów wytwórczych, przyczyni się w znacznym stopniu do polepszenia sytuacji w tej dziedzinie.

Uzupełnienie wszystkich wymienionych wyżej braków nie wątpliwie spowoduje znaczną poprawę jakości produkowanej aparatury, co będzie dalszym poważnym osiągnięciem w rozwoju przemysłu przyrządów rozdzielczych.

MGR INŻ. ANTONI JABŁOŃSKI
Inst. Elektr.

Wyłączniki szybkie prądu stałego produkcji krajowej

621.316.5.024:621.3.064:621.312(438)

Treść. Zasada działania i opis konstrukcji wyłączników szybkich typu WAB-2. Zakres i wyniki prób prototypów wykonanych w kraju.

Быстродействующие выключатели постоянного тока отечественного производства. Принцип действия и описание конструкции быстродействующих выключателей типа WAB-2. Объем и результаты испытания прототипов отечественного производства.

Polish-made D. C. quick break circuit-breakers. Principles of operation, and description of the design of Type WAB-2 quick break circuit-breakers. Scope and results of tests carried out with Polish-made prototypes.

Wyłączniki szybkie prądu stałego stanowią całkowicie odrębną grupę wśród przyrządów łączeniowych i zabezpieczających zarówno ze względu na zadania, które mają spełniać, i wynikające stąd w stosunku do nich wymagania, jak również ze względu na swe wykonanie konstrukcyjne. W zasadzie są to jednobiegunowe samoczynne wyłączniki nadmiarowe prądu stałego, których charakterystyczną cechą jest szybkość działania. Zadaniem ich jest przerwanie obwodu w takim czasie, aby nie dopuścić do osiągnięcia wartości ustalonej prądu zwarcowego. Naturalnie, dotyczy to tylko warunków, w których ustalona wartość prądu zwarcowego przewyższa co najmniej kilkakrotnie nastawiony prąd zadziałania.

Na rys. 1 przedstawiono, jak powinien wyglądać przebieg prądu w obwodzie chronionym przez wyłącznik szybki w porównaniu z przebiegiem prądu zwarcowego bez interwencji urządzeń zabezpieczających. Krzywa 1 przedstawia znaną zależność

$$i = \frac{E}{R} (1 - e^{-t/T}),$$

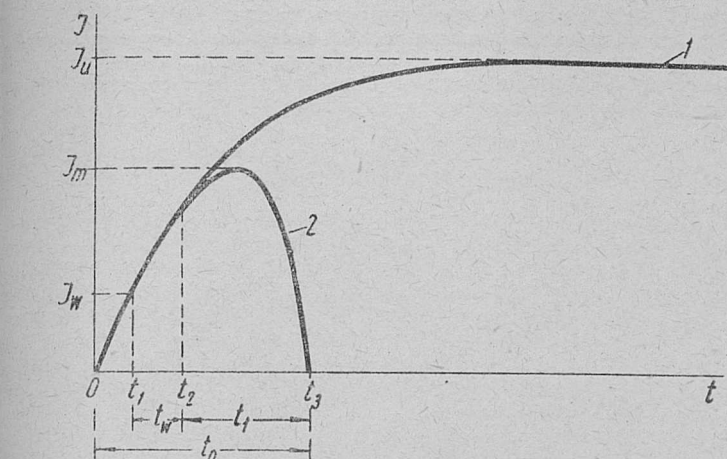
a krzywa 2 przebieg prądu w obwodzie, ograniczony w swej wartości największej przez zadziałanie wyłącznika szybkiego. Dla uzyskania takiego ograniczającego wpływu czas własny wyłącznika (t_w) musi wynosić — od chwili osiągnięcia wartości prądu nastawionego do chwili, kiedy styki zaczynają się rozchodzić — zaledwie kilka milisekund, według przepisów radzieckich nie więcej niż 5. Spadek napięcia powstający przy tym na stykach musi

dostatecznie szybko wzrastać dla skutecznego ograniczenia prądu w obwodzie.

Wyłączniki szybkie mają szerokie zastosowanie w trakcji elektrycznej do ochrony sieci od przetężeń, jako zabezpieczenie prostowników rтсyowych po stronie prądu stałego (wyłączniki katodowe) i po stronie prądu zmiennego (wyłączniki anodowe) oraz do ochrony prądnic prądu stałego od skutków zwarcia. Dzięki szybkości swego działania zmniejszają one niebezpieczeństwo powstawania zapłonów wstecznych w prostownikach i nie dopuszczają do zwarcia na komutatorze prądnicy przy przetężeniu.

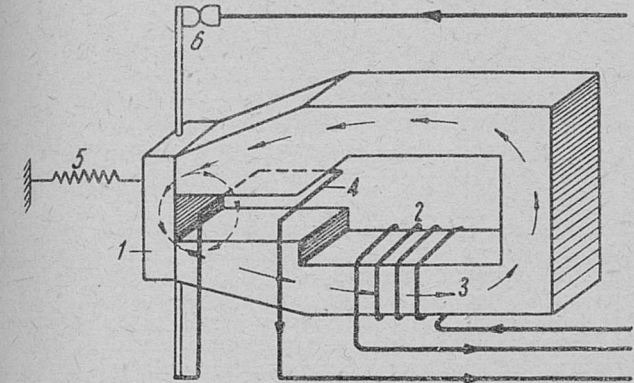
Wymagany krótki czas własny może być osiągnięty przez zastosowanie specjalnych konstrukcji. Stosowanie mechanizmów ryglowanych mechanicznie i wyzwanych elektromagnetycznie daje żądane wyniki tylko przy bardzo skrupulatnie przemysłowych konstrukcjach, przy czym granica 5—6 ms z trudem daje się osiągnąć. Toteż rozwiązywanie zagadnienia na tej drodze spotyka się tylko sporadycznie. Natomiast z reguły utrzymuje się wyłącznik w stanie zamkniętym przez działanie na zwore strumienia magnetycznego, który w chwili przekroczenia nastawionej wartości prądu wyłączania zostaje częściowo lub całkowicie wyparty ze zwory, co umożliwia sprężynie odciągnięcie ruchomego styku głównego.

Najczęściej stosowany układ podany jest schematycznie na rys. 2. Wyparcie ze zwory strumienia trzymającego przez strumień wytwarzany przepływem pętli wyzwającej daje się uży-



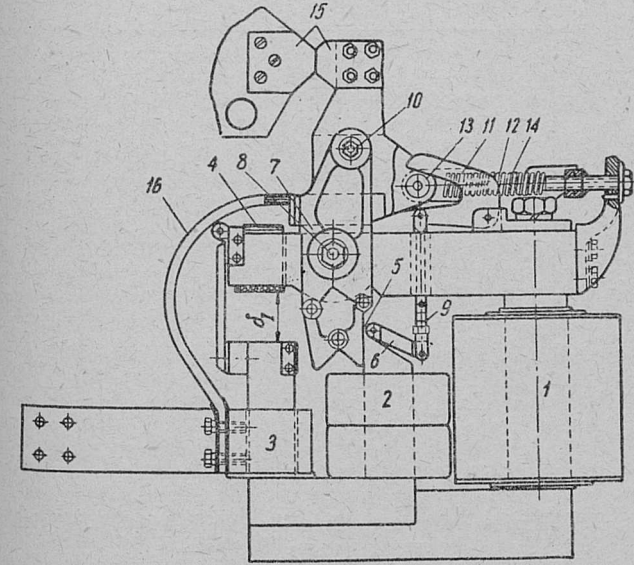
Rys. 1. Przebieg szybkiego wylaczenia prądu zwarciegowego

1 — przebieg prądu zwarciegowego bez interwencji wyłącznika	I_m — maksymalna wartość prądu w obwodzie
2 — przebieg prądu wylaczanego przez wyłącznik szybki	I_w — prąd nastawienia wyłącznika
I_u — ustalona wartość prądu zwarciegowego	t_w — czas własny wyłącznika
	t_l — czas trwania łuku
	t_c — całkowity czas wylaczania



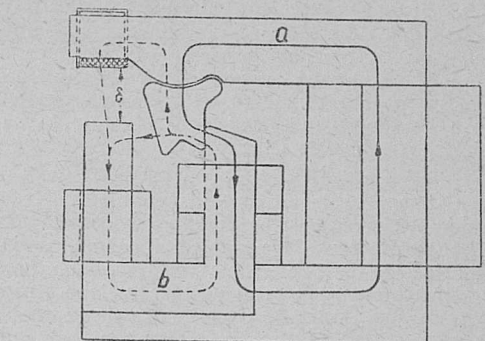
Rys. 2. Schemat mechanizmu działania elektromagnetycznych wyłączników szybkich

- | | |
|--------------------------------|--------------------------|
| 1 — zwora | 4 — pętla wyzwalająca |
| 2 — cewka trzymająca | 5 — sprężyna odciągająca |
| 3 — rdzeń obwodu magnetycznego | 6 — styki główne |



Rys. 3. Mechanizm działania wyłącznika WAB-2

1 — rdzeń i cewka trzymająca	9 — dźwignia styku ruchomego
2 — rdzeń i cewka zalążająca	10 — oś obrotu dźwigni stykowej
3 — rdzeń i pętla wyzwalająca	11 — widelki
4 — śruba nastawienia prądowego	12 — oś obrotu widełek
5 — zwora główna	13 — rolka
6 — zwora dodatkowa	14 — sprężyna wylczająca
7 — dźwignia główna	15 — styk' główne
8 — oś obrotu dźwigni głównej	16 — łącznik giętki



Rys. 4. Obwód magnetyczny wyłącznika WAB-2

a — strumień cewki trzymają- b — strumień pętli wyzw-
cej lającej

skąć praktycznie bez żadnego opóźnienia, dzięki czemu można przy takim rozwiązaniu otrzymać bardzo krótki czas własny. Z produkowanych na świecie wyłączników, w których nie jest stosowane rygłowanie mechaniczne, jedynie wyłączniki radzieckie typu WAB oparto na innym, oryginalnym, układzie inż. Gołubiewa.

Poza wymienionymi istnieje jeszcze inny typ wyłączników szybkich (Gearapid, WAB-20), w których rygłowanie mechaniczne zastosowano jako mechanizm pomocniczy, a pracę wyłącznika oparto na przeciwdziałaniu powoli narastającego strumienia trzymającego — szybko narastającemu przy przełączeniu strumienia odciągającemu zwore.

W związku z poważnym wzrostem zapotrzebowania wyłączników szybkich przemysł krajowy stanął wobec konieczności uruchomienia tej nowej dla nas gałęzi produkcji. Na wzrost ten wpłynęła głównie realizowana na wielką skalę elektryfikacja naszych kolei, ciągły rozwój sieci zelektryfikowanego transportu miejskiego oraz wzrost zapotrzebowania prostowników rędziowych w rozwijającym się przemyśle chemicznym, hutniczym i górnym.

Dla szybkiego podolania zadaniu postanowiono oprzeć się na dokumentacji zagranicznej, przy czym wybrano, jako najlepszy, wypróbowany radziecki wyłącznik typu WAB-2 systemu inż. Gołubiewa. Poza krótkim czasem własnym wyłącznik ten odznacza się niezawodnym działaniem i dużą zdolnością wylczania, której uzyskanie w wyłączniku prądu stałego, szczególnie na napięciu 3 kV, jest zadaniem niezmiernie trudnym, na którym potknął się niejedyn z wytrawnych zagranicznych konstruktorów.

Powzięta decyzja jest niewątpliwie słuszną, ponieważ pomimo znacznych osiągnięć uzyskanych przez naszych konstruktorów nie jesteśmy dostatecznie przygotowani do opracowania własnych konstrukcji w tak trudnym zagadnieniu. Na przeszkodzie stoi głównie brak w kraju stacji doświadczalnej, w której mogłyby być badane opracowywane modele i prototypy. Poza tym droga taka wymagałaby zrezygnowania z możliwości szybkiego uruchomienia produkcji.

Na rys. 3 przedstawiono schematycznie mechanizm wyłącznika WAB-2. Układ magnetyczny wyłącznika składa się z trzech rdzeni połączonych wspólnym jarzmem i zwory ruchomej umocowanej na dźwigni styku ruchomego. Na rdzeniach osadzone są trzy cewki: trzymająca 1, zalążająca 2 i nadmiarowa 3. Dwie pierwsze są zasilane z pomocniczego źródła prądu stałego normalnie o napięciu 110 V, trzecia zaś jest włączona w obwód główny wyłącznika. W stanie załączonym (jak na rysunku) strumień cewki trzymającej zamyka się przez rdzeń cewki środkowej, przyciska silnie zwore i utrzymuje styki w stanie zamkniętym, pokonywając działającą w przeciwnym kierunku siłę sprężyn. Strumień cewki nadmiarowej (rys. 4) nakłada się w środkowym rdzeniu na strumień cewki trzymającej. Załżenie od kierunku przepływu prądu w obwodzie głównym powoduje to zmniejszenie lub zwiększenie siły przyciskającej zwore do rdzenia. Z chwilą, gdy siła ta zmniejszy się o tyle, że działanie sprężyn przeważa, styki zaczynają się otwierać. Strumień cewki nadmiarowej — w miarę przesuwania się zwory — coraz silniej przyciąga ją do swojego rdzenia współdziałając ze sprężynami. Pozwala to na zmniejszenie wymiarów sprężyn i siły ich działania w stosunku do wyłączników innych typów i stanowi poważną zaletę systemu inż. Gołubiewa.

Przy opisanym przebiegu strumień cewki trzymającej nie ulega zmianom, lecz jest jedynie wypierany do innego obwodu magnetycznego. Toteż nie występuje tu tłumiące działanie zamkniętego obwodu cewki trzymającej i przyciskająca zworę siła zmienia się w takt ze zmianami natężenia prądu w obwodzie głównym bez opóźnienia fazowego. Pozwala to na utrzymanie bardzo krótkich czasów własnych.

Jak widać z opisu mechanizmu działania, wyłączniki WAB-2 są wyłącznikami spolaryzowanymi, reagującymi jedynie na określony kierunek przepływu prądu zależnie od wzajemnego stosunku biegunowości cewki trzymającej i nadmiarowej. Przy zastosowaniu ich do zabezpieczenia maszyny lub prostownika od zwarć wewnętrznych, które mogą być zasilane z równolegle pracującego zespołu, wartość prądu nastawienia nie odgrywa po-

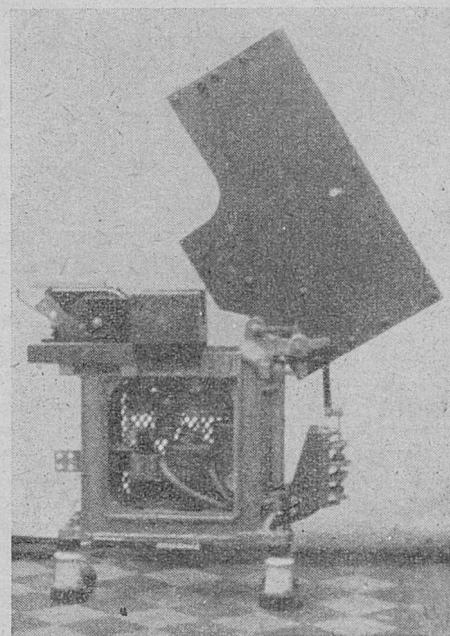
ważniejszej roli, toteż w wykonaniu jako wyłączniki na prąd zwrotny nie mają one regulacji prądu wyłączającego. W wykonaniu do zabezpieczenia od przecieżeń nastawienie prądowe reguluje się w dość szerokich granicach przez zmianę szczeliny δ (rys. 3 i 4) za pomocą śruby w górnej części jarzma.

Wyłączniki szybkie prądu stałego z reguły buduje się w ten sposób, żeby mogły być użyte do ponownego załączania, przy czym można tego dokonywać bez uprzedniego sprawdzenia stanu linii. W przypadku załączenia przy istniejącym na linii zwarciu lub w warunkach, powodujących znaczne przetężenie, musi być umożliwione natychmiastowe działanie mechanizmu wyzwalającego bez żadnego opóźnienia. Z tego względu załączanie odbywa się w dwóch stadiach. W pierwszym sprężyny odciągające styk ruchomy napinają się pod działaniem napędu wyłącznika, zwora zaś przyciska się do elektromagnesu trzymającego. W drugim stadium, po wyłączeniu napędu, styki zamykają się pod działaniem sprężyn odciągających. W ten sposób natychmiast po wyłączeniu siły załączającej, lecz przed zamknięciem obwodu głównego mechanizmu, wyłącznik jest przygotowany do natychmiastowego działania, przy czym napęd załączający nie może przedłużyć czasu potrzebnego na otwarcie styków.

Rys. 5. Prototyp wyłącznika WAB-600/6; komora łukowa zamknięta

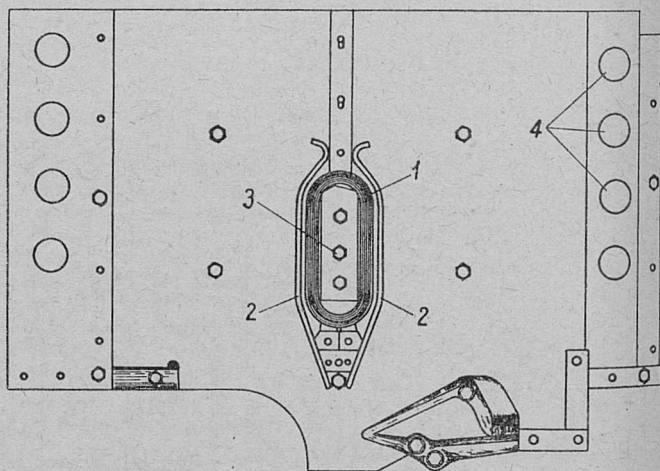
W wyłączniku WAB rozwiązano to przy pomocy prostego i pewnie działającego układu dźwigni i uzależnień. Cewka trzymająca o dużej liczbie zwojów i zapotrzebowaniu mocy poniżej 100 W jest stale pod prądem i wytwarza strumień potrzebny do utrzymania zwory ruchomej. Z chwilą zamknięcia przyciskiem ręcznym obwodu cewki załączającej powstaje silny strumień magnetyczny przebiegający przez rdzenie 1 i 2, szczelinę powietrzną i zworę, przyciągając ją do rdzenia 2. Dodatkowa szczelina powietrzna między zworą a rdzeniem 3 oraz odpowiednie skierowanie przepływu w cewkach 1 i 2 uniemożliwiają odgałęzienie się strumienia przez rdzeń 3. Jednocześnie z przyciągnięciem zwory głównej przyciąga się zwora pomocnicza, która przez układ dźwigni obraca widelki. Naciskając swą skośną powierzchnią na rolkę widelki powodują obrót dźwigni, na której osadzony jest styk ruchomy, w kierunku strzałki zegara wbrew działaniu siły sprężyn. Uniemożliwia to zejście się styków głównych pomimo przyciągnięcia zwory głównej do rdzenia 2 i spowodowanego tym obrotu dźwigni. Stadium drugie procesu załączania zaczyna się w chwili przerwania obwodu cewki załączającej. Zwora główna jest przyciągnięta do rdzenia 2 i pozostaje w tym położeniu wskutek działania strumienia cewki trzymającej. Natomiast zanik strumienia załączającego powoduje zwolnienie zwory dodatkowej, nacisk widelki na rolkę ustaje i siła sprężyn obraca dźwignię w kierunku przeciwnym do ruchu strzałki zegara, wskutek czego styki główne zamykają się. W chwili zamykania styków elektromagnes załączający jest już wyłączony i nie może przytrzymywać zwory głównej, a więc i opóźniać procesu samoczynnego wyłączania.

Dalszą cechą charakterystyczną wyłączników WAB-2 jest połączenie układów magnetycznych napędu załączającego i mechanizmu samoczynnego wyłączania w jeden układ o trzech rdzeniach. Powoduje to zmniejszenie wymiarów i ciężaru wyłącznika, co jest zaletą niezmiernie ważną.



Rys. 6. Prototyp wyłącznika WAB-2-600/6; komora łukowa otwarta

Gaszenie łuku powstałego przy otwieraniu obwodu głównego odbywa się, jak we wszystkich wyłącznikach prądu stałego, na różkach, na które łuk przerzuca się pod działaniem pola magnetycznego. Do tego celu służy osobny elektromagnes, którego uzwojenie włączone jest szeregowo w obwód prądu głównego. Styki główne znajdują się między nabiegunkami tego elektromagnesu w miejscu największego natężenia pola wydmuchowego. Ponieważ w pierwszym przybliżeniu przy małych obciążeniach siła działająca na łuk jest proporcjonalna do kwadratu prądu, poważną trudność stanowi gaszenie łuku przy prądzie obciążenia znacznie mniejszym od znamionowego. W takich warunkach czas wyłączania jest naturalnie wielokrotnie dłuższy niż w przypadku samoczynnej likwidacji przetężenia.



Rys. 7. Komora łukowa wyłącznika WAB-2-2000/30; ścianka boczna i przegroda zdjęte

1 — cewka dodatkowa 2 — różki 3 — rdzeń
4 — otwory w ścianie bocznej

Wyłącznik WAB-2 dla wszystkich prądów znamionowych od 0,6 do 3 kA i napięć do 3 kV ma w zasadzie jednakowe wymiary z wyjątkiem komory łukowej. Drobne różnice wynikają z różnych wymiarów pętli wyzwalającej (cewki nadmiarowej) w zależności od wartości prądów znamionowych.

Tablica I. Dane znamionowe wyłączników szybkich typu WAB-2

Oznaczenie wyłącznika	Prąd znamionowy (A)	Napięcie znamionowe (V)	Prąd nastawienia wyłącznika zwrotnego (A)	Zakres nastawienia prądowego wyłączników nadmiarowych w wykonaniu				Prąd cewki trzymającej przy 110/220 V (A)	Prąd cewki wyłączającej (A) przy		Ciężar (kg)	Uwagi
				A	B	C	D		110 V	220 V		
WAB2 — 600/6	600	600	400	400 — 1000	—	—	—	0,5	80	40	120	Wykon. B, C i D z bocznik. induk.
WAB2 — 1000/6	1000		600	800 — 2000	—	—	—				125	
WAB2 — 2000/6	2000		1200	800 — 2000	1600 — 4000	—	—				135	
WAB2 — 3000/6	3000		2000	800 — 2000	1600 — 4000	2400 — 6000	3600 — 9000				150	
WAB2 — 600/15	600	1500	400	400 — 1000	—	—	—				125	
WAB2 — 1000/15	1000		600	800 — 2000	—	—	—				130	
WAB2 — 2000/15	2000		1200	800 — 2000	1600 — 4000	—	—				145	
WAB2 — 3000/15	3000		2000	800 — 2000	1600 — 4000	2400 — 6000	3600 — 9000				160	
WAB2 — 600/30	600	3000	400	400 — 1000	—	—	—				137	
WAB2 — 1000/30	1000		600	800 — 2000	—	—	—				142	
WAB2 — 2000/30	2000		1200	800 — 2000	1600 — 4000	—	—				157	

Komora łukowa jest jedynym elementem, który ma różną budowę i wielkość w zależności od prądu i napięcia znamionowego. Najprostszą budowę i najmniejsze wymiary ma komora wyłącznika przewidzianego na prąd 600 A i napięcie do 600 V (rys. 5 i 6). Jest to prostokątna skrzynka z azbesto-cementu przedzielona wewnątrz w kierunku podłużnym dwiema przegrodami na trzy wąskie przestrzenie łukowe. Dla wyższych prądów znamionowych, gdzie wymagana jest większa wyłączalność, umieszcza się w komorze cewkę dodatkową, chronioną od bezpośredniego styku z łukiem rożkami miedzianymi, które stanowią jednocześnie końcówki tej cewki. Cewka ma rdzeń żelazny z blachy transformatorowej (rys. 7). Zadaniem cewki jest wzmocnienie strumienia wydmuchowego w górnej części komory, gdzie ze względu na dużą odległość od elektromagnesu wydmuchowego strumień staje się zbyt słaby dla utrzymania wymaganej wartości składowej normalnej prędkości posuwania się łuku. Cewka dodatkowa rozpoczyna swą pracę w chwili, gdy łuk w komorze dosięgnie jej rożków. Dwie części, na które łuk przerywa się, są połączone elektrycznie uzwojeniem cewki, która od tej chwili do końca trwania łuku jest włączona szeregowo w obwód prądu. Komory na napięcie 1,5 i 3 kV są zaopatrzone zawsze w cewkę dodatkową.

W zależności od wymaganej wyłączalności zmienia się liczba i kształt przegród wewnętrznych; przy dużych prądach jest tylko jedna przegroda. Wszystkie komory na napięcie powyżej 600 V mają przegrody o mniejszej szerokości niż komora, wskutek czego na całej jej wysokości powstaje z boków przestrzeń nie przedzielona. Dla napięcia 3 kV wszystkie komory, a dla napięcia 1,5 kV przy prądzie znamionowym 3 kA, przestrzenie te mają połączenie z otaczającą atmosferą na całej wysokości przez dwa rzędy otworów wywiercone w obu bocznych ściankach.

Srodki te zapewniają szybkie przesunięcie się i wydłużanie łuku w komorze, prawidłowy jego rozkład oraz skuteczną dejonizację. Przy krótkim czasie własnym wyłącznika otrzymano w ten sposób krótki czas likwidacji zwarcia i znaczne ograniczenie prądu. W wyniku zastosowanych rozwiązań konstrukcyjnych wymiary wyłącznika i jego ciężar są znacznie mniejsze niż w innych wyłącznikach zagranicznych, a jednocześnie skuteczność i pewność działania jest wyższa.

W sieciach trakcyjnych spotykamy się często z takimi warunkami, w których ustalona wartość prądu zwarcowego przy zwarciach dalekich jest tego samego rzędu lub nawet niższa od największej wartości prądu obciążeniowego. W tym przypadku istnieje zawsze obawa, że zwarcie powstałe w odległej części sieci nie będzie odłączone ze względu na wysokie z konieczności nastawienie wyłącznika. Dla należytego zabezpieczenia sieci wykorzystuje się znacznie większą prędkość narastania prądu przy zwarciach niż przy zmianach obciążenia. W tym celu równoległe z pętlą wyzwalającą (cewką nadmiarową) wyłącznika szybkiego włącza się bocznik indukcyjny. Uzyskuje się przez to przy szybkim i powolnym narastaniu prądu różny jego rozptył na pętli i bocznik, przy czym przez pętlę płynie, oczywiście, prąd większy, umożliwiając działanie wyłącznika również przy małych prądach zwarcia.

Wyłączniki WAB-2 mogą na żądanie zamawiającego być wyposażone w takie boczniki. Składają się one z szyny miedzianej,

na której nasadzone są obejmujące ją pakiety z żelaza transformatorowego.

Dane znamionowe pełnego asortymentu wyłączników serii WAB-2 podane są w tabl. I. Oznaczenie wyłączników w tej tablicy składa się z dwóch części: z oznaczenia typu — WAB-2 oraz dwóch liczb, podających prąd znamionowy w amperach i napięcie znamionowe w setkach woltów. W kraju największe zapotrzebowanie istnieje na wyłączniki 600/6 głównie dla potrzeb komunikacji miejskiej (tramwaje, trolejbusy), wyłączniki 3000/15 dla metra warszawskiego, którego sieć ma napięcie znamionowe 750 V, oraz wyłączniki 2000/30 dla potrzeb kolei głównych. To też te trzy wielkości przewidziane są w pierwszej kolejności do produkcji. Stopniowo asortyment produkowanych wyłączników będzie zwiększany w miarę potrzeby.

W roku bieżącym wykonano już pierwszą serię prototypów w wymienionych wyżej wielkościach. Są one poddawane obecnie wyczerpującym badaniom, podzielonym na trzy części: a) próby i pomiary laboratoryjne nie wymagające dużych mocy źródeł prądu, b) próby zwarciowe laboratoryjne i c) próby zwarciowe eksploatacyjne. Pierwszą grupę badań wykonano w laboratorium Zakładu Trakcji Elektrycznej Instytutu Elektrotechniki, Wobec braku w kraju zwarciowni prądu stałego drugą grupę badań wykonywa się w Czechosłowacji. Eksploatacyjne próby zwarciowe na podstacjach tramwajowych i kolejowych przewiduje się jeszcze w roku bieżącym.

Podstawą do opracowania programu badań był zakres próby typu wyłączników szybkich, przewidziany przez normę radziecką GOST 2585-44. Zakres ten został odpowiednio rozszerzony.

Próba typu przewidziana w przepisach winna być poprzedzona próbami wyrobu według pełnego programu, który obejmuje: a) przegląd zewnętrzny; b) zbadanie nacisku między głównymi stykami; c) zbadanie spadku napięcia na stykach głównych i na innych odcinkach obwodu prądu głównego; d) pomiar oporności uzwojeń; e) sprawdzenie największej wartości prądu w obwodzie głównym, przy którym istnieje możliwość załączenia wyłącznika bez samoczynnego wyłączenia, przy napięciu na cewce trzymającej równym 80% znamionowego; f) sprawdzenie prawidłowości działania mechanizmu wyłącznika przy napięciu zasilania obwodów sterujących równym 80 i 110% znamionowego; g) próba wytrzymałości elektrycznej izolacji; h) sprawdzenie rozrutu prądu zadziałania przy wahanich napięcia sterowniczego od 80 do 110%.

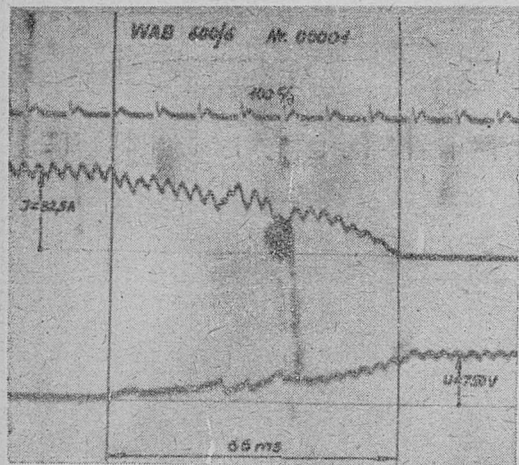
W ramach tych prób odbywa się również skalowanie wyłącznika.

Wszystkie wymienione próby wyrobu, wykonane w laboratorium Zakładu Trakcji Elektrycznej IEŁu, wykazały, że badane prototypy znacznie przekraczają wymagania normy radzieckiej — z wyjątkiem rozrutu prądu zadziałania przy wahanich napięcia sterującego. Wiąże się to również ze skalowaniem prądu nastawiania wyłącznika, które było utrudnione wskutek niedotrzymania przewidzianej przez dokumentację szczeliny pomiędzy zworą ruchomą a jazmem obwodu magnetycznego. Zostało to wywołane ręcznym dopasowywaniem części wobec braku przy produkcji prototypów należytego oprzyrządowania. Skalowanie wykonano przy dostosowaniu wielkości bocznika magnetycznego indywidualnie w każdym wyłączniku.

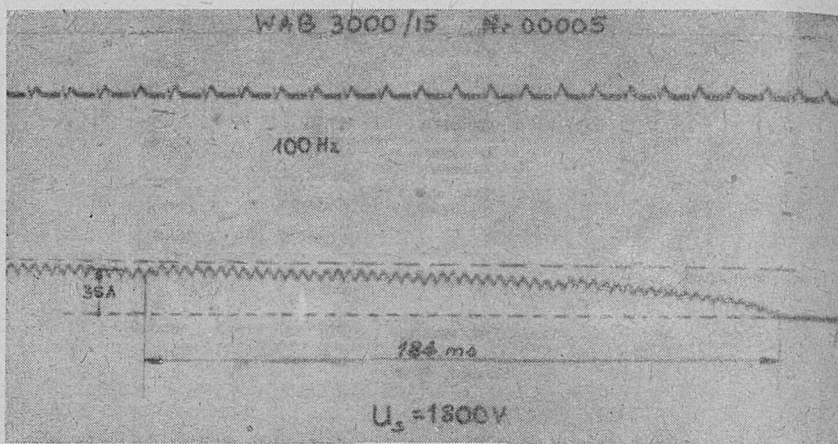
Pozostałe próby wykazały wysoką jakość wykonania i zalety konstrukcyjne. Na przykład największa wartość prądu według punktu e) przekracza przewidziane w przepisach 50% prądu nastawienia i osiąga w jednym wypadku 77%.

Poza wymienionymi próbami wyrobu w laboratorium Zakładu Trakcji wykonano również część badań, wchodzących do progra-

wreszcie — po dalszych 30 s — ostatnia operacja włączenia i samoczynnego wyłączenia. Ogółem w krótkich odstępach czasu wyłącznik musi dokonać czterech wyłączeń zwarcia, przy czym tylko za pierwszym razem obwód zamykany jest przez stycznik pomocniczy. Stwarza to bardzo ciężkie warunki pracy dla komory lukowej. Analogiczny cykl pracy dla wyłączników przeznaczonych do ochrony od prądów wstecznych przewiduje tylko dwa wyłączenia w odstępie 10-sekundowym.



Rys. 8. Oscylogram przebiegu wyłączenia prądu obciążeniowego 82,5 A wyłącznikiem WAB-2-600/6 przy napięciu $1,25 U_{zn} = 750$ V



Rys. 9. Oscylogram przebiegu wyłączenia prądu obciążeniowego 36 A wyłącznikiem WAB-2-3000/15 przy napięciu $1,2 U_{zn} = 1800$ V

mu prób typu, przy rozszerzonym ich zakresie. Do prób tych należą: i) sprawdzenie zdolności odłączania wyłącznika przy prądach poniżej 20% prądu znamionowego i przy najwyższym napięciu roboczym; k) badanie wyłączalności i obciążalności styków blokujących i sygnalizacyjnych wyłącznika; l) próby cieplne i określenie mocy pobieranej przez uzwojenie mechanizmu; m) próby trwałości mechanicznej.

Zdolność odłączania zbadano dla prądów znacznie poniżej 10%, przy czym kilka prób wykonano dla prądów w granicach 1 do 3%. Napięcie przy tych próbach wynosiło 1,2 i 1,25 napięcia znamionowego z wyjątkiem wyłącznika na 3 kV, który zbadano przy napięciu zaledwie 2850 V ze względu na trudności laboratoryjne. Ten ostatni wyłącznik będzie poddany jeszcze badaniom uzupełniającym. We wszystkich wypadkach prąd został przerwany skutecznie, przy czym czas trwania procesu wyłączenia był rzędu 0,2 s (rys. 8, 9 i 10), co jest zrozumiałe ze względu na słabe działanie cewki wydmuchowej przy tak niskiej wartości prądu.

Próbie trwałości mechanicznej wykonano jedynie w granicach przepisu, nie doprowadzając do zniszczenia przyrządu wobec konieczności dokonywania dalszych badań. Próba będzie powtórzona w rozszerzonym zakresie. Wyłącznik wytrzymał z łatwością 200 przepisowych operacji nie wykazując oznak uszkodzenia.

Próby cieplne wykazały znacznie niższe temperatury od ustalonych w przepisach dla poszczególnych części wyłącznika.

Poza formalnie obowiązującymi przepisami zbadano rozkład pól magnetycznych i wykonano pomiary strumieni.

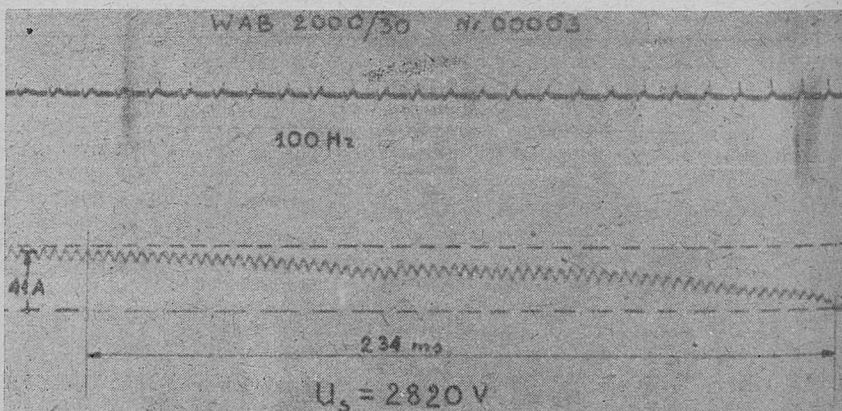
Dokonanych badań nie uważa się jeszcze za wyczerpane. Planuje się ich dalszy ciąg i uzupełnienia dla udoskonalenia wyrobu. Najważniejszymi jednak próbami dla wyłączników szybkich są: sprawdzenie zdolności wyłączenia zwarć, sprawdzenie czasu własnego wyłącznika przy dużej prędkości narastania prądu oraz sprawdzenie wartości prądów łączeniowych, które wytwarza wyłącznik. Z braku w kraju odpowiedniego laboratorium próby te przeniesione zostały do zwa-

Jako zasadniczą próbę zdolności odłączania zwarć przyjęto sprawdzenie działania wyłącznika w warunkach przepisanych przez GOST 2585-44. Przepisy te przewidują, że wyłącznik musi wykonać cykl odłączeń, składający się z samoczynnego odłączenia zwarcia, włączenia go po 10 s na zwarcie i samoczynnego wyłączenia, następnie z powtórzenia tej operacji po 10 s,

Zwarcie — zgodnie z przepisami — ma być wytworzone w obwodzie praktycznie bezindukcyjnym, źródło prądu ma mieć dostateczną moc dla osiągnięcia w tych warunkach ustalonej wartości prądu zwarcia nie mniejszej od 40 kA, a początkowa stromość narastania prądu ma być nie mniejsza od $2 \cdot 10^6$ A/s. Osiągnięcie tych warunków, szczególnie przy napięciu 3 kV, wymaga zwa-

Włącznik musi nie tylko wytrzymać powyższą próbę w sposób zadowalający. Przepisy wymagają dodatkowo, żeby jego czas własny przy próbie nie był dłuższy od 5 ms, całkowity czas odłączenia zwarcia nie przekraczał 20 ms, a wytworzone napięcie nie przekroczyło 100% napięcia znamionowego.

Wymagania te, niewątpliwie bardzo surowe, nie dają jednak całkowitej pewności należytej pracy wyłącznika w warunkach eksploatacyjnych. Dowiodły tego badania wykonane na zelektryfikowanych sieciach PKP *). Toteż program prób zwa-



Rys. 10. Oscylogram przebiegu wyłączenia prądu obciążeniowego 41 A wyłącznikiem WAB-2-2000/30 przy napięciu 2820 V

w zwa-

Jako zakończenie badania prototypów wyłączników szybkich typu WAB-2 przewidziano próby zwa-

*) Por. Figurzyński Z. Praca i próby wyłączników szybkich 3-kilowoltowych w warunkach eksploatacji kolejowej (str. 487—493 niniejszego zeszytu).

kresu do najbardziej niezbędnych. Nie mniej jednak aż do czasu ustalenia odpowiednich warunków dla prób laboratoryjnych, które zastępowałyby całkowicie próby eksploatacyjne, wykonywanie końcowych prób w sieciach trakcyjnych jest nieodłączne. Wydaje się jednak, że po zgromadzeniu dostatecznego doświadczenia możliwe będzie w przyszłości wyrzeczenie się prób na podstawach trakcyjnych. Uzyska się przez to znaczne oszczędności na czasie i kosztach badań, uniknie się nadmiernego narażania na uszkodzenie kosztownych urządzeń eksploatacyjnych i możliwości zakłócenia ruchu, a głównie umożliwi się planowe i systematyczne wykonywanie badań.

Ze wszystkich dziedzin zastosowania wyłączników szybkich kolejnictwo stawia najcięższe wymagania. Toteż po przejściu ogniowych próby na kolei będzie można z całą pewnością twierdzić, że wypróbowany w ten sposób typ odpowiada wszelkim innym potrzebom.

Trudno obecnie przewidywać, jakie będą wyniki badania omawianych prototypów. Na podstawie dotychczasowych doświadczeń można jednak z dużą pewnością przypuszczać, że będą w nich wykryte mniejsze lub większe wady, wynikające bądź z wykonania, bądź z jakości materiałów. Nie jest wykluczone, że zajdzie konieczność wprowadzenia poprawek w konstrukcji wyłączników, ale sprawdzenie zmian i poprawek wymaga nowych prób zwarciovych. Tymczasem wykonanie całych serii prób, od czego uzależniony jest postęp techniczny, nie jest możliwe bez własnego laboratorium.

INŻ. JAN NASIŁOWSKI

Zakład Trakcji Elektr.
Inst. Elektr.

Próby zwarciove wyłączników prądu stałego na podstacjach trakcyjnych

621.316.3.024:621.3.064.1.002.6:621.33

Treść. Metoda wykonywania prób zwarciovych na podstacjach trakcyjnych warszawskiego węzła kolejowego. Metody pomiarowe, wyniki prób, analiza wyników.

Результаты испытаний на короткое замыкание выключателей постоянного тока на железнодорожных подстанциях. Способ производства таких испытаний на подстанциях варшавского железнодорожного узла. Измерительные методы, результаты испытаний и их анализ.

Short-circuit test results obtained with D. C. circuit-breakers in electric traction substations. Method of carrying out short-circuit tests at the electric traction substations of the Warsaw railway sector. Test methods, test results and survey of tests carried out.

1. Uwagi wstępne.

Zakład Trakcji Elektrycznej I. El. wykonuje na zlecenie Centralnego Zarządu Elektryfikacji Kolei badania wyłączników szybkich prądu stałego, przeznaczonych dla Warszawskiego Węzła Komunikacyjnego.

Najważniejszym kryterium oceny wartości wyłącznika są wyniki prób zwarciovych. Wszelkie inne badania, jak próby elektrycznej wytrzymałości izolacji, próby trwałości mechanicznej, próby grzania, aczkolwiek odgrywają rolę w ogólnej ocenie wyłącznika, są badaniami pomocniczymi, raczej wstępem do prób zwarciovych, których wynik dopiero decyduje o dopuszczeniu danego typu wyłącznika do eksploatacji.

Dla braku zwarciozni próby zwarciove wykonywane są na podstacjach trakcyjnych w eksploatacji.

2. Podstacja trakcyjna jako zwarcioznia.

W istniejących nielicznych zresztą zwarciozniach prądu stałego spotyka się następujące sposoby dostarczania energii:

a) przy pomocy wirujących maszyn prądu stałego, napędzanych silnikami asynchronicznymi, przy czym zespoły wirujące są wyposażone w kółka zamachowe dla zwiększenia zasobu energii kinetycznej; silnik prądu zmiennego na czas zwarcia odłącza się od sieci;

b) przy pomocy zespołów prostownikowych, zasilanych z generatorów zwarciovych prądu zmiennego.

Przy korzystaniu z podstacji trakcyjnej 3-kilowoltowej jako zwarciozni źródłem energii nie są już specjalne maszyny zwarciove, lecz jest normalna sieć energetyczna. Ma to swoje zalety, polegające przede wszystkim na tym, że nie ma ograniczenia mocy i że pozytywne wyniki prób mogą być przyjęte bez żadnych zastrzeżeń. Jednakże praca zwarciowa podstacji trakcyjnej nastręcza szereg trudności.

Trudności pracy podstacji trakcyjnej jako zwarciozni. Problem prób zwarciovych w eksploatacji nastręcza bardzo wiele trudności organizacyjnych i technicznych. Najważniejszymi z nich były: uzyskanie zgody energetyki na wykonywanie prób zwarciovych oraz opracowanie układów pomiarowych wraz z synchronizacją automatyki.

Energetyka obawiała się prób zwarciovych z powodu niebezpieczeństwa uszkodzenia jej urządzeń lub wywołania zakłóceń w ruchu, zagrażających współpracy elektrowni na wspólną sieć.

Przemysł aparatów elektrycznych odczuwa brak zwarciozni prądu stałego nie tylko w związku z produkcją wyłączników szybkich. Postęp techniczny w całym — licznym już — asortymencie aparatów na prąd stały uzależniony jest od tej pilnej inwestycji. Również i postęp naukowy zarówno w poznaniu zjawisk występujących w luku elektrycznym, jak i w ustalaniu praw rządzących nimi, jest od tego uzależniony. Nie możliwe jest również bez zwarciozni właściwe szkolenie kadr konstruktorskich, a nasze siły konstruktorskie w dziedzinie aparatów prądu stałego są znikome w porównaniu z potrzebami i mają za mało własnego doświadczenia laboratoryjnego. Odczuwa się to szczególnie w zakresie potrzeb trakcyjnych, a przecież poza trakcją duże potrzeby mają w tej dziedzinie elektrotechnika morską, przemysł chemiczny i hutniczy, górnictwo.

Mamy plany zakrojonej na dużą skalę elektryfikacji kolei i rozwoju wymienionych wyżej przemysłów. Bez oparcia się na własnych podstawach materialnych i kadrowych nie będzie możliwe należyte ich urzeczywistnienie. Toteż dla realizacji zadań w dziedzinie budowy łączników na prąd stały pilna jest niezmienne własna zwarcioznia prądu stałego jako pracownia badawcza dla potrzeb przemysłu elektrotechnicznego w zakresie aparatury rozdzielczo-łączeniowej oraz dla szkolenia konstruktorów w tym zakresie. Zwarcioznia powinna umożliwiać badania aparatury przy krótkotrwałym (0,2 s) obciążeniu prądowym przynajmniej do 40 kA dla napięć do 4 kV, do 80 kA dla napięć do 2 kV i do 120 kA dla napięć do 1 kV.

Poważnym argumentem, przekonywającym o technicznej realności tych prób w eksploatacji, jest krótki czas przedlukowy wyłączników. W dobrze zbudowanym wyłączniku szybkim już w ciągu 5 ms ($\frac{1}{4}$ okresu) od początku zwarcia wtrąca się w obwód luk elektryczny, który ogranicza wartość prądu zwarcioowego.

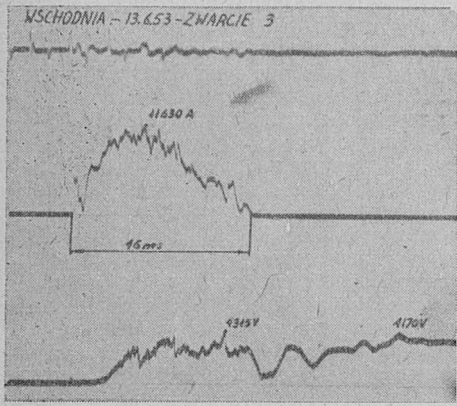
Po z górą rocznym okresie prób zwarciovych wyłączników szybkich w warunkach eksploatacyjnych można twierdzić, że próby te są dla energetyki niegroźne, choć w grę wchodziły zwarcia na zespołach prostownikowych o znacznych mocach znamionowych (3 do 21 MW). Zabezpieczenia po stronie prądu zmiennego likwidowały przewlekłe zwarcia w sposób niezawodny. Tylko w jednym przypadku prąd zwarcioowy był tak silnie ograniczony przez luk, że obciążenie obwodu zwartego było za małe, żeby pobudzić do pracy zabezpieczenia po stronie prądu zmiennego. Luk w komorze lukowej wyłącznika płonął w ciągu kilku sekund, po czym przerwało zasilanie podstacji uruchamiając ręcznie zdalnym napęd wyłącznika olejowego. W wyniku tego zwarcia uległa zniszczeniu komora lukowa wyłącznika, pokrył się miedzią sufit podstacji nad wyłącznikiem oraz silnie zadymilo się wnętrze podstacji. W żadnym przypadku próby zwarciove nie spowodowały zadziałania zabezpieczeń energetyki na liniach przesyłowych.

Drugim utrudnieniem przy pracy podstacji trakcyjnej jako zwarciozni jest ograniczony czas wykonywania prób, spowodowany zazwyczaj do 2—3 godzin nocnej przerwy w ruchu pociągów elektrycznych. Zdarzało się jednak, że próby zwarciove wykonywano w dzień. Było to możliwe tylko w dni świąteczne, kiedy normalne obciążenie podstacji-zwarciozni mogły przejąć podstacje sąsiednie.

Takie rozwiązanie było również do przyjęcia dla energetyki, gdyż w ciągu dnia w przypadku jakiegos uszkodzenia brygada pogotowia sieci miałaby łatwiejszą możliwość interwencji.

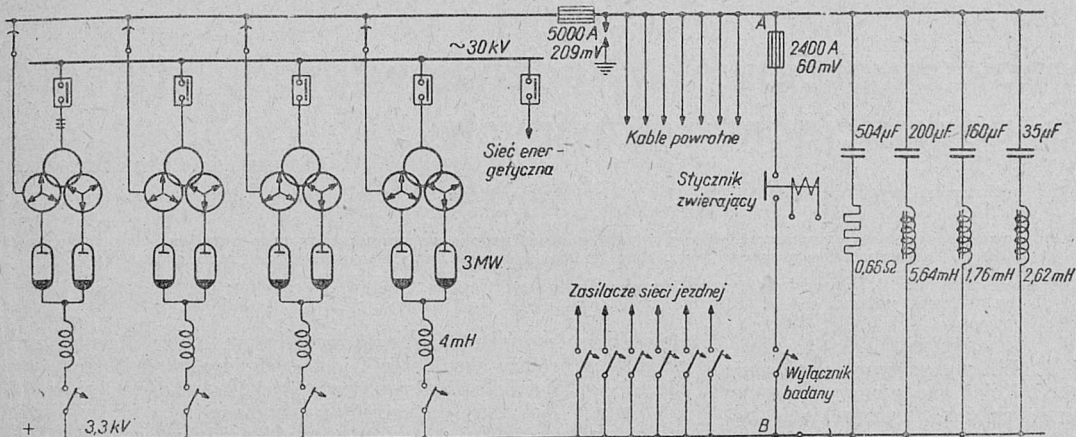
Przeciążenia zwarciove zespołów i osiągnięte wartości prądu. Przy zwarcu na jednym zespole prostownikowym i przy normalnej pracy wyłącznika szybkiego, tzn. kiedy otwarcie styków następuje w czasie rzędu 5 ms, prąd zwarcioowy rozwija się do wartości największej ok. 7 kA, co stanowiło 7-krotne przeciążenie zespołu prostownikowego. Przy zlej pracy wyłącznika szybkiego prąd zwarcioowy osiągał wartość 10 kA. Przy dwóch zespołach prostownikowych prąd zwarcioowy narastał do wartości ok. 10 kA, a więc każdy zespół prostownikowy był przeciążony tylko 5-krotnie. Przy trzech

i czterech zespołach prostownikowych zasilających zwarcia zespoły te były przeciążone tylko czterokrotnie, a więc prąd zwarcio-owy osiągał wartości ok. 12 i 16 kA. Wartości powyższe doty-czą prób, wykonanych z wyłącznikiem szybkim ASEA.



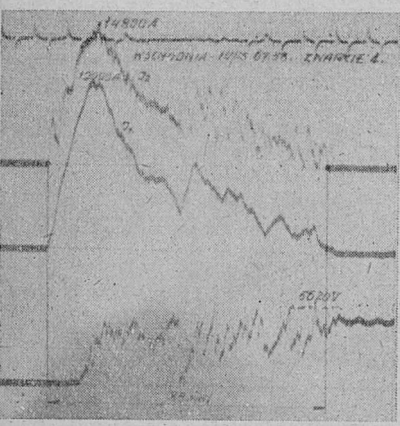
Rys. 1. Przebieg zwarcia z zapłonem wstecznym

Znacznie większe wartości prądów zwarcio-owych i przecią-żenia prostowników osiągnięto przy próbach zwarcio-owych wy-łącznika Metropolitan Vickers typu RIR, 603, model C. Przy



Rys. 2. Schemat ideowy pod-
stacji trakcyjnej ASEA, przy-
stosowanej do wykonywania
prób zwarcio-owych

jednym zespołem zasilającym zaobserwowano największy prąd zwarcio-owy ponad 10 kA, przy dwóch zespołach 16,4 kA, przy trzech 19 kA i przy czterech 21,2 kA. Odpowiednie przecią-żalności zespołów prostownikowych były 10, 8,2, 6,3 i 5,3. Taki stan rzeczy był wynikiem powolnego działania wyłącznika, którego



Rys. 3. Oscylogram prądu
zwarcio-owego i przerywa-
nego

skiego Węzła Komunikacyjnego osiągnięto różne stromości na-
rastania prądów zwarcio-owych od $\sim 500\,000$ do $\sim 800\,000$ A/s
na jeden zespół prostownikowy o mocy 3 MW. Przy większej
liczbie zespołów stromość narastania wzrasta mniej więcej pro-
porcjonalnie do liczby zespołów zasilających. Wymienione war-
tości początkowych stromości narastania prądów zwarcio-owych
są uwarunkowane indukcyjnością obwodu:

$$S = \frac{di}{dt} = \frac{U}{L},$$

gdzie dużą rolę odgrywa indukcyjność dławika katodowego, wy-
nosząca 4 mH. Przy napięciu na szynach zbiorczych podstacji
przed zwarciem 3600 V i indukcyjności obwodu stałego 4 mH
powinno się osiągnąć stromość

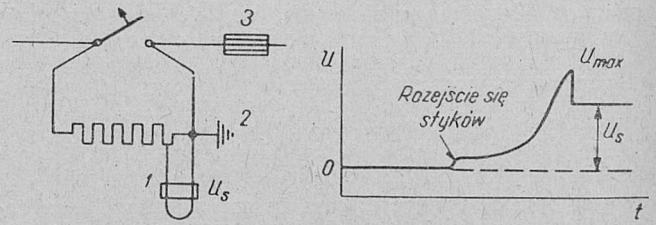
$$S = \frac{3600}{4 \cdot 10^{-3}} = 0,9 \cdot 10^6 \text{ A/s,}$$

jednakże takiej stromości w praktyce nie osiągnie się ze wzglę-
du na wpływ indukcyjności po stronie prądu zmiennego.

Zapłony wsteczne przy zwarcia-
ch w zespołach prostownikowych przy zasilaniu prób zwarc-
cio-owych spotykano w ciągu przeszło roku pracy (ok. 100 zwa-
rć) tylko w sporadycznych przypadkach. Zapłon wsteczny z reguły
dyskwalifikuje wynik wykonanej próby, gdyż nie ma wówczas
pewności, że to nie ułatwiło pracy wyłącznika.

Typowy przebieg zwarcia z zapłonem wstecznym pokazuje
oscylogram na rys. 1.

O zapłonie wstecznym świadczyło zadziałanie odpowiednich
zabezpieczeń na jednym z zespołów prostownikowych. Na oscy-



Rys. 4. Laboratoryjna metoda pomiaru napięcia między stykami
wyłącznika (schemat i uzyskiwany przebieg)

- 1 — petlica oscylografu
- 2 — uziemienie ochronne
- 3 — bocznik do pomiaru prądu zwarcio-owego

logramie charakterystyczne dla zapłonu wstecznego są zaniki
napięcia między stykami wyłącznika już po przerwaniu prądu.

Schemat ideowy podstacji trakcyjnej, nie-
zbędny do zrozumienia dalszego opisu prób zwarcio-owych i otrzy-
many-nych wyników, jest podany na rys. 2.

Zasilanie podstacji trakcyjnych odbywa się prądem zmiennym o napięciu 30 kV. Zespół prostownikowy o mocy 3 MW
składa się z trójzwojowego transformatora, którego wtórne
uzwojenia zasilają dwa zawory rtęciowe. W obwodzie zespołu
znajduje się bezrdzeniowy dławik katodowy chłodzony powie-
trzem o indukcyjności 4 mH. Równolegle na szynach podstacji
są włączone urządzenia wygładzające, zawierające znaczne po-
jemności i indukcyjności.

Napięcie na szynach podstacji przy znamionowym obcią-
żeniu wynosi 3300 V. Przy biegu luzem podstacji napięcie to waha
się w granicach 3600–3900 V zależnie od zmiany napięcia po
stronie prądu zmiennego.

czas przedłukowy osiągał 10 do 12 ms. Przy zwarcu metalicz-
nym na szynach zbiorczych podstacji i przy pracy czterech
zespołów prostownikowych po 3 MW każdy obliczone prądy zwa-
rcio-owe są rzędu 30 do 40 kA zależnie od położenia podstacji
względem źródeł zasilania sieci energetycznej. Liczby te po-
twierdza doświadczenie.

Z porównania wielkości obliczonych i osiągniętych wynika
skuteczność zabezpieczenia sieci trakcyjnych wyłącznikami szyb-
kimi, które działają podobnie do bezpieczników topikowych nie
dopuszczając do ustalenia się prądu zwarcio-owego w obwodzie.

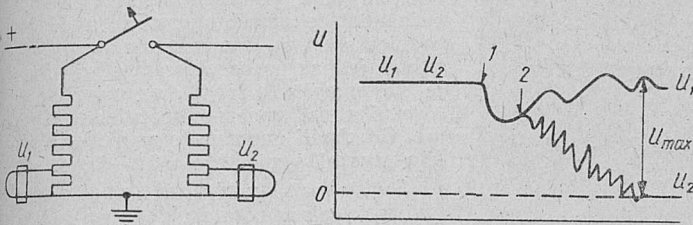
Osiągane stromości narastania prądów
zwarcio-owych. Przy zwarcia-
ch na podstacjach Warszaw-

3. Pomiar prądu zwarciovego.

Jak wynika ze schematu podstacji, możliwe są dwa pomiary prądu podczas prób zwarciovych: a) przy wyzyskaniu bocznika sumującego na szynie ujemnej podstacji trakcyjnej, b) przy wyzyskaniu bocznika specjalnie wmontowanego w obwód badanego wyłącznika.

Wyniki pomiarów przy pomocy obu boczników nie będą różniły się między sobą tylko w przypadku odłączenia urządzeń wygładzających. Przy włączonych urządzeniach wygładzających oba boczniki mierzą różne prądy.

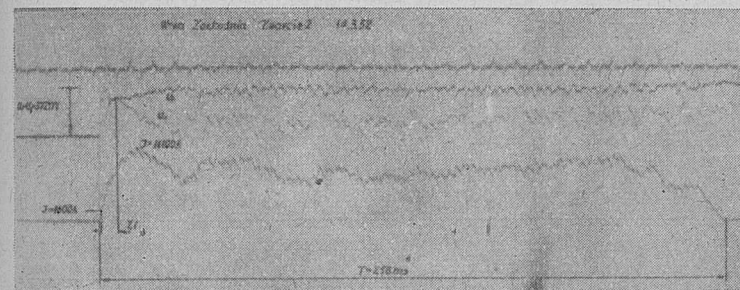
Korzystanie z bocznika podstacji. Przy korzystaniu do pomiaru prądu z bocznika podstacji mierzymy prąd



Rys. 5. Metoda dwóch pętli do pomiaru napięcia między stykami wyłącznika

1 — początek zwarcia 2 — rozejście się styków

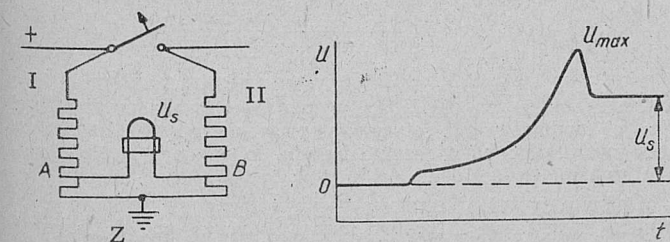
dopływający od zespołów prostownikowych, jest to prąd zwarcia tych zespołów. Różni się on od prądu przerywanego o prąd wyładowania i ładowania kondensatorów urządzeń wygładzających (rys. 3).



Rys. 6. Oscylogram pomiaru napięcia między stykami metodą dwóch pętli

Korzystanie z bocznika w obwodzie pętli zwarcioviej. Przy korzystaniu do pomiaru prądu z bocznika wmontowanego w obwód pętli zwarcioviej mierzymy prąd przerywany przez wyłącznik. Prąd ten różni się znacznie zarówno charakterem, jak i chwilowymi wartościami, od prądu zwarcia prostownikowych.

Przy zwarciu zasilanym z dwóch różnych podstacji bocznik ten umożliwia pomiar prądu sumarycznego, dopływającego od obu podstacji.



Rys. 7. Metoda jednej pętli do pomiaru napięcia między stykami wyłącznika

Wnioski. Prąd zwarciovych zespołów prostownikowych różni się od prądu przerywanego przez wyłącznik szybki zarówno co do wartości chwilowych i maksymalnych, jak i co do charakteru przebiegu (rys. 3). Dzieje się tak wskutek równoległego przyłączenia do szyn podstacji dużych pojemności urządzeń wygładzających (rys. 2).

W pierwszej chwili po powstaniu zwarcia następuje wyładowanie pojemności, wskutek czego prąd przerywany narasta szybciej niż prąd zwarciovych. Po rozładowaniu kondensatorów następuje ich ponowne ładowanie, dzięki czemu maksymalna war-

tość prądu przerywanego jest mniejsza od maksymalnej wartości prądu zwarciovego.

Z tego względu, chcąc mieć pełny obraz zjawisk prądowych występujących przy zwarciach, należy rejestrować oba przebiegi, zarówno prąd zwarciovych, jak i prąd przerywany przez wyłącznik, i dlatego konieczne jest użycie obu boczników. Dla zapewnienia bezpieczeństwa pomiaru prądu szyna ujemna powinna być uziemiona, a oba boczniki powinny być umieszczone w pobliżu uziemienia.

4. Pomiar napięcia między stykami wyłącznika.

Pomiar napięcia między stykami jest konieczny z dwóch względów: a) do ustalenia momentu początkowego rozejścia się styków, b) do oceny gaszenia łuku przez wyłącznik (niezbędna jest analiza przepięć między stykami wyłącznika).

Przy oscylogrofolowaniu wysokiego napięcia między stykami wyłącznika możliwe są trzy układy pomiarowe: a) metoda laboratoryjna, b) metoda dwóch pętli, c) metoda jednej pętli.

Metoda laboratoryjna. W warunkach laboratoryjnych, gdzie oba bieguny źródła są izolowane od ziemi, można do pomiaru napięcia między stykami zastosować układ przedstawiony na rys. 4. Ma on tę zaletę, że wymaga najmniejszej oporności dzielnika oporowego. Uziemienie ochronne zabezpiecza pętlę oscylografu przed dostaniem się wysokiego napięcia.

Metoda dwóch pętli. W warunkach pracy na podstacji trakcyjnej, gdzie jeden biegun źródła zasilania jest połączony z szynami, a więc jest gorzej lub lepiej uziemiony, zastosowanie układu laboratoryjnego jest niemożliwe, gdyż uziemienia ochronne stworzyłyby dodatkową drogę dla prądu zwarciovego, którego przepływ mógłby spowodować zniszczenie.

Jak widać z rys. 5 metoda dwóch pętli wymaga dokładnego pokrycia przebiegów kreślonych przez obie pętle oscylografu w dwóch stanach ustalonych: a) w stanie bezprądowym obu pętli (reguluje się tylko układ optyczny oscylografu), b) przy załączonym napięciu na szynę i zamkniętym wyłączniku badanym; wówczas ponownie doprowadzamy do pokrycia przebiegów, ale regulując tylko opornikami szeregowymi prąd płynący przez pętle. Oczywiście, obie pętle zastosowane do rejestracji przebiegów napięciowych powinny mieć jednakowe charakterystyki.

Po takim ustawieniu oscylografu obie pętle kreślą pokrywający się przebieg pętli, póki styki wyłącznika nie rozejdą się.

Wady tej metody są następujące: a) kłopotliwa i dość długa regulacja oscylografu, co nie zawsze jest możliwe w warunkach pracy w czasie nocnej przerwy w ruchu pociągów elektrycznych, b) przebiegi napięciowe rozchodzą się wśród drgań, co czasem utrudnia uchwycenie pierwszego momentu rozejścia się styków.

Rys. 6 pokazuje jeden z oscylogramów zwarciovych, gdzie pomiar napięcia między stykami wykonano metodą dwóch pętli.

Metoda jednej pętli. Jak widzieliśmy, metoda dwóch pętli, choć daje rozwiązanie problemu pomiaru wysokiego napięcia między stykami wyłącznika, jest jednak kłopotliwa. Udokonałenie metody pomiaru polega na innym włączeniu pętli, dzięki czemu uzyskuje się bezpośrednio rejestrację przebiegu napięcia między stykami, a więc inaczej niż w metodzie poprzedniej, gdzie napięcie między stykami jest różnicą dwóch mierzonych napięć $U_s = U_1 - U_2$.

Odpowiedni układ do pomiaru napięcia między stykami przedstawia rys. 7. Przy zamkniętym wyłączniku przez pętlę nie płynie prąd, ponieważ punkty A i B na dzielnikach oporowych dobiera się tak, że ich potencjały są jednakowe, pętlica kreśli więc kres zerowy. Przy otwartym wyłączniku przez dzielniki płynie prąd proporcjonalny do napięcia szyny zbiorczej, a więc pętlica U_s kreśli kres odległy od poprzedniej kresy zerowej o wielkość proporcjonalną do napięcia szyny zbiorczej. Pętlica mierzy spadek napięcia na oporze AZ dzielnika I. W okresie przejściowym w czasie palenia się łuku między stykami wyłącznika pętla rejestruje przebieg zmian napięcia między stykami.

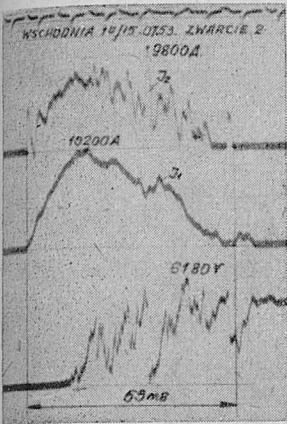
Na rys. 8 i 9 mamy pokazane oscylogramy próby zwarciovych wyłącznika, podczas których napięcie między stykami rejestrowano według metody jednej pętli.

Wnioski. Najwłaściwszą metodą pomiaru wysokiego napięcia między stykami wyłączników jest metoda jednej pętli. Gwarantuje ona całkowite bezpieczeństwo pracy w trudnych warunkach pracy w terenie, skraca czas ustawiania oscylografu i zapewnia najbardziej dokładne wyniki.

5. Układ sterowniczy.

Układ do sterowania próbami zwarciovymi powinien wykonywać następujące kolejne czynności: a) uruchomić posuw taś-

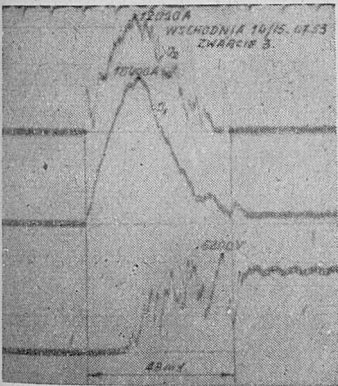
wykonuje uszynyienia w odpowiedniej odległości na podstacji na polecenie telefoniczne. Gdy sprawdza się pracę wyłącznika przy zasilaniu pętli zwarciowej z dwóch sąsiednich podstacji, to w obwód łącznika uszyniającego od strony szyn kolejowych należy wstawić bocznik, przy którego pomocy mierzy się prąd przerywany przez wyłącznik.



Rys. 12. Oscylogram przebiegu prądu zwarciowego

W celu usprawnienia wykonywanych prac jedną z podstacji trakcyjnych Warszawskiego Węzła Komunikacyjnego przystosowano do prób zwarciowych przez utworzenie specjalnej pętli zwarciowej. Pętlę wykonano jednożyłowym kablem miedzianym o przekroju 300 mm² długości 120 m.

Po włączeniu stycznika w obwód zwarciowy nie należy zapomnieć o uziemieniu jego kadłuba. Również w tym okresie czasu dołącza się przewody, zasilające dzielniki oporowe układu do pomiaru spadku napięcia między stykami (rys. 11). Po przyłączeniu przewodów, łączących zaciski badanego wyłącznika z zaciskami dzielników oporowych, sprawdza się przy pomocy omomierza ciągłość obwodu dzielników w celu skontrolowania drobnoci połączeń. Nie można bowiem dopuścić do straty czasu na wyszukiwanie przerw w obwodzie już w czasie prób. Wszystkie połączenia winny być tak wykonane, żeby nie było obawy ich rozłączenia się w czasie pracy.



Rys. 13. Oscylogram przebiegu prądu zwarciowego

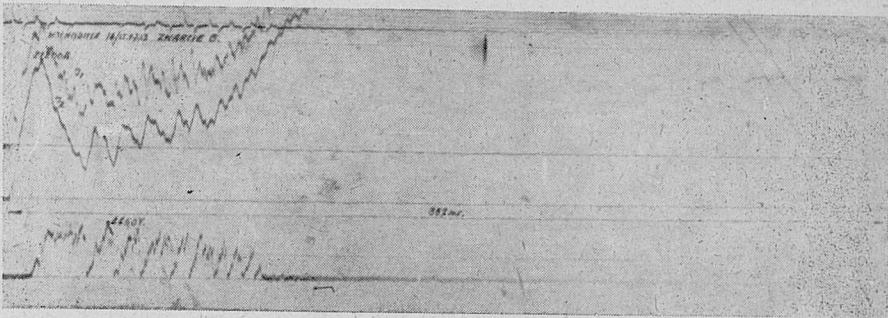
Ze względów bezpieczeństwa podłogę koło oscylografu, stołu sterowniczego i dzielników oporowych wyściela się chodnikami gumowymi.

7. Próba zwarciowa.

Po wykonaniu opisanych czynności przygotowawczych obsługa podstacji zajmuje stanowiska robocze przy przyciskach sterowania wyłącznika olejowymi i uruchamiania zespołów prostownikowych. Na sygnał kierownika próby uruchamia się zespoły zasilające. Zamyka się odłącznik tak, że jeden zacisk badanego wyłącznika znajduje się pod napięciem, wobec czego można zoscylografiować kresę odpowiadającą napięciu przed zwarcie. Kresę zerową napięcia oscylografuje się wcześniej. W ten sposób uzyskuje się skalę przebiegów napięciowych. Następnie naciąga się taśmę oscylograficzną o długości potrzebnej do zarejestrowania zwarcia (w przypadku posuwu taśmy z prędkością 1 m/s długość ta wynosiła 70 do 90 cm). Wreszcie włącza się badany wyłącznik, po czym za pomocą przekaźnika uruchamia się napęd stycznika.

Przebiegowi zwarcia zawsze towarzyszy mniejszy lub większy huk i zjawisko świetlne. Czasami przy złej pracy badanego

wyłącznika pojawia się również na podstacjach pewna ilość dymu. Dym ciemnobrazowy jest wskazówką długotrwałego łuku. Innym zjawiskiem towarzyszącym złej pracy wyłącznika jest pokrywanie się miedzią sufitu nad badanym wyłącznikiem. Wówczas obserwować można też bryzgi roztopionej i rozgrzanej miedzi, rozsypujące się w pobliżu badanego wyłącznika.

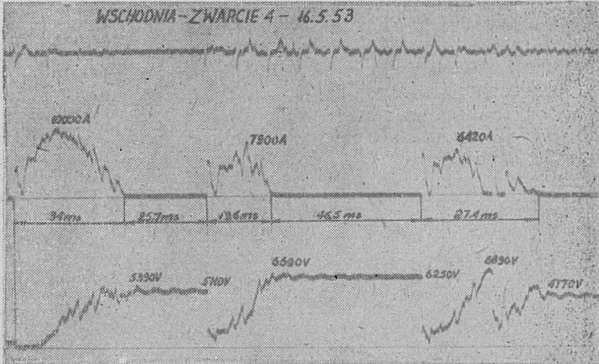


Rys. 14. Oscylogram przebiegu prądu zwarciowego

8. Ocena wyników oscylogramu.

Przy ocenie oscylogramów zwracamy uwagę na cztery czynniki: a) czas trwania zwarcia, b) czas przedlukowy, c) wartość prądu i charakter jego przebiegu, d) wartość napięcia między stykami i charakter jego przebiegu.

Skalę czasu wyznacza oscylogram stałej częstotliwości i na tej podstawie określa się czas od początku powstania zwarcia do chwili zgaśnięcia łuku między stykami wyłącznika. Czas trwania zwarcia likwidowanego wyłącznikiem szybkim zależy od parametrów obwodu i zmienia się w dość dużych granicach. Przy małej indukcyjności obwodu i dużych stromościach narastania prądu zwarciowego zwarcie trwa dość krótko — ok. 40 ms.



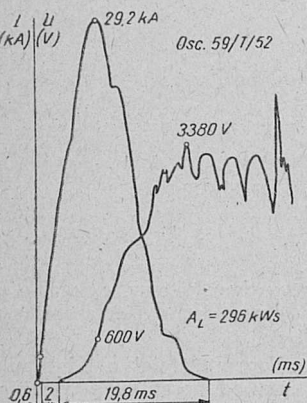
Rys. 15. Ponowne przeskok i zapłony łuku między stykami

Tak są likwidowane zwarcia bliskie podstacji przy zasilaniu obwodu jednym lub dwoma prostownikami. Zwarcia odległe od podstacji, gdzie prąd zwarciowy jest niezbyt duży i narasta powoli, likwiduje się w ciągu czasu do ∞ 120 ms.

Przebieg prądowy. Przy rozpatrywaniu zwarcia na podstacjach trzeba oscylografiować dwa różniące się od siebie przebiegi prądowe. Pierwszy z nich to prąd zwarciowy dopływający do obwodu od strony zespołów prostownikowych; mierzy się go przy pomocy bocznika podstacyjnego na szynie ujemnej (rys. 2). Charakter przebiegu prądu I_1 jest regularny (por. oscylogramy na rys. 3, 12, 13 i 14). Drugi prąd mierzony przy próbach zwarciowych to prąd przerywany (I_2 na powyższych oscylogramach), różniący się od prądu zwarciowego I_1 zarówno charakterem, jak i wartościami chwilowymi. Prąd ten mierzy się przy wykorzystaniu bocznika, umieszczonego w pętli zwarciowej od strony szyny ujemnej.

Różnica prądów I_1 i I_2 jest wynikiem umieszczenia między szynami podstacji znacznych pojemności urządzeń wygładzających, wobec czego w pierwszej chwili po powstaniu zwarcia następuje przepływ przez pętlę zwarciową sumarycznego prądu I_2 oraz prądu wyladowczego kondensatorów. W tym okresie stromość narastania prądu przerywanego jest znacznie większa niż stromość narastania prądu zwarciowego. Po wyladowaniu kondensatorów filtrów ładują się, co sprawia, że największa wartość prądu przerywanego jest mniejsza od największej wartości prądu zwarciowego. W czasie trwania zwarcia ładowanie i wyladowanie kondensatorów powtarza się, wskutek czego prąd przerywany uzyskuje charakterystyczny nieregularny przebieg.

Analiza przepięć. Z chwilą rozwarcia się styków badanego wyłącznika pojawia się napięcie między nimi i zaczyna płynąć łuk, który po wydmuchnięciu go ze styków do komory łukowej wydłuża się i po osiągnięciu pewnej długości gaśnie. W okresie palenia się krótkiego łuku między stykami spadek napięcia na nim jest niewielki; dopiero z chwilą wydmuchnięcia łuku do komory łukowej spadek napięcia w łuku szybko rośnie. W wyniku malenia prądu w obwodzie rośnie przepięcie między stykami wyłącznika. W warunkach pracy na podstacji przy włączonych urządzeniach wyglądających przepięcie powoduje ładowanie kondensatorów wyższym napięciem (ok. 6–8 kV), które stosunkowo powoli rozładowuje się (z prędkością ok.

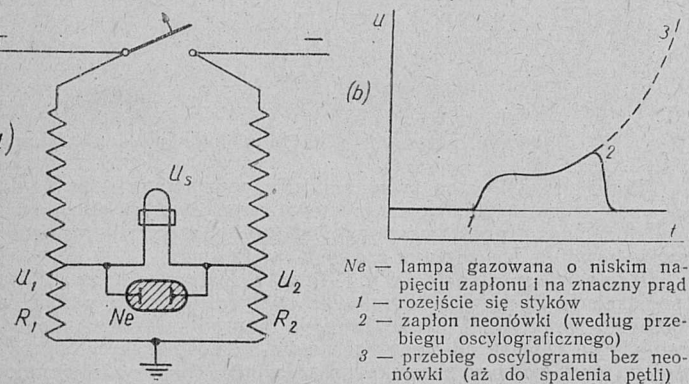


Rys. 16. Kopia oscylogramu ze zwierni ASE A

$L = 0,7 \text{ mH};$
 $\Sigma R \approx 0,106 \Omega$

W pierwszym okresie, podczas narastania prądu zwarciego, przepięcie między stykami wyłącznika jest mniejsze dzięki indukcyjności obwodu. W drugim okresie malenie prądu powoduje wzrost napięcia między stykami. Dla momentu maksymalnego prądu zwarciego, kiedy pochodna staje się równa zero, $U_s = U_0$, ale wówczas trzeba uwzględnić spadek napięcia w obwodzie przy przepływie maksymalnego prądu zwarciego, przeto $U_s = U_0 - r \cdot I_{\max}$ i $di/dt = 0$, gdzie r — oporność obwodu zwartego.

Jak wynika z oscylogramów prób, wykonanych w warunkach laboratoryjnych dla maksimum prądu, napięcie między stykami



Rys. 17. Pomiar wysokiego napięcia między stykami dla określenia czasu przedłukowego wyłącznika (a) i przebieg oscylogramowy (b)

badanych wyłączników rzadko przekracza 1000 V przy napięciu U_0 rzędu 3 kV, a więc spadek napięcia w obwodzie wynosi ok. 2000 V.

Przytoczmy taką analizę na podstawie oscylogramu 59/T/52 z prób wyłącznika ASMJA 3/1600 w ASE A-Ludwika (rys. 18): $I_{\max} = 29200 \text{ A}$; $r = 0,106$; $r \cdot I_{\max} = 29200 \cdot 0,106 = 2920 \text{ V}$; $U_s = 2920 + 600 = 3520 \text{ V}$. Obliczenie to, jak widać, dość dobrze ujmie zależności liczbowe między poszczególnymi wielkościami, jednakże wydaje się niekompletne.

Czas własny wyłącznika jest to czas, który upływa od chwili osiągnięcia przez prąd zwarciovy wartości nastawienia zadziałania wyłącznika do chwili rozjeżdżenia się styków. W warunkach pracy na podstacji uchwycenie początku rozchodzenia się styków jest utrudnione ze względu na pracę przy wysokim napięciu,

wskutek czego podwyższenie napięcia między stykami — spadek napięcia na początkowo krótkim łuku — jest zbyt małe, ażeby spowodować wyraźne wychylenie pętlicy oscylografu nastawionej na rejestrację maksymalnego napięcia.

Rozwiązanie sprawy pomiaru czasu własnego w warunkach pracy przy wysokim napięciu wydaje się możliwe przy wykorzystaniu ochronnika neonowego pętlicy oscylograficznej, nastawionej na pomiar małych wartości napięcia. Odpowiedni układ (rys. 17) pracowałby jak następuje. Przy małej wartości różnicy spadków napięć na oporach R_1 i R_2 pętlica wychylałaby się tak, jak wynikałoby to z różnicy napięć $U_1 - U_2$. Gdy ta różnica wzrosłaby do $\sim 50 \text{ V}$, powinna zapalić się lampa neonowa i zerwać pętlę oscylografu, zabezpieczając ją tym samym od przepalenia się. W takim układzie pętlica oscylografu może być wyregulowana na pomiar napięcia 50 V, a więc uzyskuje się kilkakrotnie większe wychylenie pętli dla małych wartości napięć, gdyż zazwyczaj ustawiamy oscylograf na 200 V *).

Pomiar indukcyjności sieci jezdnej wykonuje się na podstawie prądu zwarcioowego zmierzonoego dla zwarecia bliskiego i dalekiego, co umożliwia obliczenie indukcyjności sieci na 1 km długości.

Posługujemy się przy tym następującymi zależnościami:

$$L_1 = U_0/S_1 \text{ i } L = (L_1 - L_2)/D,$$

gdzie L_1 i L_2 — indukcyjność pętli zwarcioowych — pierwszej i drugiej — określona na podstawie oscylogramu,

U_0 — napięcie przed zwarcie,

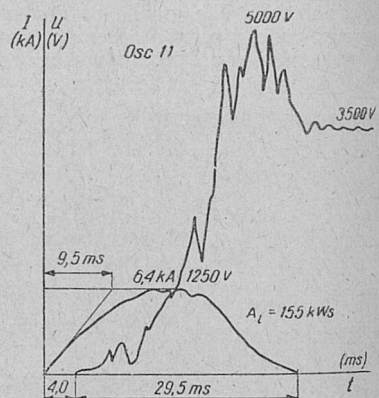
S_1 i S_2 — początkowa stromość narastania prądu zwarcioowego w obwodzie pierwszym i drugim,

D — odległość między punktami zwarecia.

Sposób obliczania stromości na podstawie oscylogramu podaje rys. 18.

9. Uwagi końcowe.

Ogółem Zakład Trakcji Elektrycznej Instytutu Elektrotechniki wykonał kilkanaście prób zwarcioowych, podczas których wykonano około 100 zwarec. Badano wyłączniki różnych typów kilku



Rys. 18. Obliczanie stromości narastania prądu zwarcioowego

Próby A 127 V/43 w Otwocku;
1 prot. EE, 2500 kW
 $dI/dt = 6,4/9,5 = 0,673 \text{ kA/ms}$
 $L = 3500/673 = 5,2 \text{ mH}$; $R = 0,337 \Omega$; $I_{\text{ust}} = 10,4 \text{ kA}$

firm zagranicznych. Wyniki prób były przeważnie negatywne. Wskazują to na poważne trudności, które napotykają konstruktorzy przy opracowywaniu dobrego wyłącznika szybkiego na prąd stały.

Obecnie krajowy przemysł elektrotechniczny przystępuje do produkcji wyłączników szybkich prądu stałego. Produkcja tych wyłączników, jak również całej aparatury prądu stałego, wymaga odpowiedniego zaplecza laboratoryjnego, bez którego nie można mieć gwarancji, że produkowane aparaty będą należytej jakości.

Próby zwarcioowe wyłączników na podstacjach trakcyjnych — jakkolwiek odbywają się w pełni w warunkach pracy eksploatacyjnej, nigdy nie zastępują zwareciami, gdzie istnieje możliwość zmian parametrów obwodu oraz wykonywania systematycznych badań nie tylko wyłączników szybkich, ale całej aparatury prądu stałego — w prototypach i w produkcji. Powstanie więc zwareciami prądu stałego w Instytucie Elektrotechniki, jako głównego w Polsce ośrodka naukowo-badawczego z dziedziny elektrotechniki prądów silnych, należy uważać za sprawę bardzo ważną i pilną.

*) Lampa neonowa może nie dać pożądanego wyniku, gdyż prąd płynący przez nią może być za mały. Potrzebny jest prąd neonówki tego samego rzędu, co prąd pętli oscylografu, a więc minimum 2 mA. Jeśli charakterystyki neonówek nie odpowiadają potrzebom, to należy rozważyć możliwość użycia lampy gazowej lub specjalnego układu lampowego, pracującego na nasyceniu.

MGR INŻ. ANDRZEJ PODGÓRSKI
Inst. Elektr.

Niektóre zagadnienia techniki pomiarowej przy próbach zwarciovych

621.3.064.1.001.4:621.317.3

Treść. Szczególne zagadnienia techniki pomiarów oscylograficznych podczas prób zwarciovych przyrządów rozdzielczych. Wpływ szeregu zjawisk na zmniejszenie dokładności oscylograficznych pomiarów prądów i napięć. Elementarne układy, umożliwiające rejestrację przebiegu zmian różnych wielkości nieelektrycznych podczas prób zwarciovych.

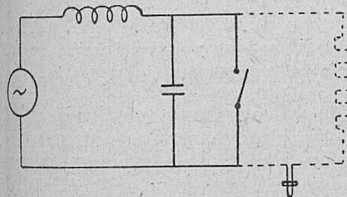
Некоторые проблемы измерительной техники при испытаниях на короткое замыкание. Особые проблемы осциллографических измерений при испытании распределительных аппаратов на короткое замыкание. Влияние ряда явлений на уменьшение точности осциллографических измерений тока и напряжения. Элементарные схемы, позволяющие регистрировать изменения различных неэлектрических величин при испытаниях на короткое замыкание.

Certain problems of measuring technique in short-circuit tests. The specific problem of oscillographic recording technique during switchgear short-circuit test. Phenomena affecting the accuracy of oscillographic current and voltage recording. Elementary systems facilitating the recording, during short-circuit tests, of the course followed by changes in various non-electric magnitudes.

1. Rola i zakres zastosowania oscylografów przy próbach zwarciovych.

Przy próbach zwarciovych — ze względu na krótkotrwały przebieg zjawisk, jak i ze względu na umożliwienie właściwej analizy działania badanych przyrządów — istotny jest pomiar wartości chwilowych wielkości zarówno elektrycznych, jak i nieelektrycznych. Pomiaru takie umożliwia rejestracja różnych przebiegów przy pomocy oscylografów. Powszechnie stosowane są dwa typy oscylografów: elektromagnetyczny — pętlcowy i elektrostacyjny — katodowy. Ze względu na różny zakres stosowalności, wady i zalety obu rodzajów oscylografów należy przypomnieć ich zasadę działania.

W oscylografie pętlcowym część przyrządu stanowi pętliczka, tj. cienki sprężysty drucik lub taśma z fosforobrazu, wolframu lub innych materiałów, zawieszona w kształcie litery U w polu magnesu stałego i zanurzona w specjalnym oleju tłumiącym jej drgania swobodne. Do uformowanej w ten sposób pętliczki przyklejone jest małe lusterko, a całość zawiera się w specjalnej obudowie. Pętliczka przy przepływie prądu skręca się wraz z lustrem proporcjonalnie do chwilowej wartości natężenia prądu. Promień światła ze źródła o dużym natężeniu, np. z rtęciowo-kwarcowej lampy łukowej lub specjalnej żarówki, przedostaje się przez układ optyczny zawierający m. inn. przesłonę, która umożliwia regulację natężenia światła, na lusterko pętliczki, po czym odbity pada na bębnek z wirującymi zwierciadłami, umożliwiając bezpośrednią



Rys. 1. Ideowy schemat pomiaru napięcia podczas prób zwarciovych przy zastosowaniu oscylografu pętlcowego

obserwację przebiegu na matówce, lub pada na przesuwającą się błonę albo papier światłoczuły, rejestrując w ten sposób przebieg mierzony.

Przy próbach zwarciovych stosowane są na ogół elektromagnetyczne oscylografy wielopętlcowe, tj. umożliwiające jednocześnie rejestrację kilku przebiegów; są one proste i pewne w obsłudze, łatwo przenośne o możliwości zdalnego sterowania zdjęć itp., co stanowi ich wielką zaletę. Wadą ich jest stosunkowo niewielka szybkość posuwu błony filmowej, bo dochodząca do 10 m/s, co ogranicza stosowanie przy pomiarze przebiegów o wyższych częstotliwościach. Wada ta wiąże się jeszcze z pewnymi właściwościami pętlczek, a mianowicie stosunkowo niewielką częstotliwością drgań własnych ich układu ruchomego i koniecznością poboru pewnego — od ułamka do stukilkudziesięciu miliamperów — prądu.

Powyższe wady pętlczek wymagają bliższego omówienia ze względu na ich istotny wpływ na pomiary pewnych wielkości przy próbach zwarciovych. Z punktu widzenia wzrastania wytrzymałości przerwy łukowej po zgaśnięciu łuku w przyrządzie badanym istotne jest określenie stromości narastania napięcia powrotnego na przerwie połukowej, względnie częstotliwości wyrównawczych drgań obwodu, złożonego w najprostszym przypadku z zastępczej indukcyjności źródła zasilającego i zastępczej pojemności pomiędzy biegunami przyrządu badanego (rys. 1).

Częstotliwość tych drgań może dochodzić do ~ 40 kc, gdy częstotliwość drgań własnych pętliczki nieliniowej wynosi w najkorzystniejszym przypadku ok. 20 kc. Wynika stąd, że w przypadku, gdy częstotliwość mierzonego przebiegu jest bliska, równa względnie wyższa niż częstotliwość swobodnych drgań pętliczki, drgania swobodne pętliczki nakładają się na

drgania wymuszone przez przebieg mierzony, zniekształcając bardzo poważnie jego kształt, istotny dla analizy pracy przyrządu badanego.

Ze zjawiskiem powyższym wiąże się dodatkowa trudność: pętliczki o stosunkowo dużej częstotliwości drgań własnych pobierają stosunkowo najwięcej prądu. Ponieważ przebieg napięcia powrotnego jest najwierniej zachowany przy zredukowaniu jego wartości do wartości odpowiedniej dla pętliczki przez zastosowanie oporników dodatkowych, stosunkowo duży pobór prądu przez pętliczkę wiąże się z koniecznością przyłączenia stosunkowo niewielkiej oporności obocześnie do oporności połukowej przerwy, jak to zaznaczono linią przerywaną na rys. 1. Prowadzi to w rezultacie do znacznego niekiedy zmniejszenia drgań wyrównawczych napięcia powrotnego przez wprowadzenie tłumienia, czyli do niepotrzebnego złagodzenia warunków próby przyrządu badanego. W ten sposób pomiar napięcia przy zastosowaniu oscylografu pętlcowego powoduje w pewnych przypadkach zniekształcenie przebiegu napięcia powrotnego przy jednoczesnym jego zmniejszeniu.

Wady powyższej nie ma oscylograf katodowy, którego zasada działania jest następująca. Wewnątrz próżniowej najczęściej lampy elektronowej strumień elektronów z żarzonej katody — zorganizowany przez specjalne układy elektrostacyjne lub elektromagnetyczne w wąski promień — pada na ekran pokryty emulcją fluoryzującą, tj. przetwarzającą energię padających elektronów w energię promienistą w widmie widzialnym. Strumień elektronów pozostaje w czasie swej drogi pod oddziaływaniem dwóch wzajemnie prostopadłych par płytek układów cewek. Do jednej z par płytek doprowadza się przebieg mierzony bezpośrednio, lub przez wzmacniacz wstępny; powoduje to wychylenie się strumienia elektronów proporcjonalnie do chwilowej wartości składowej zmiennej jego napięcia. Dla rejestracji stosunkowo wolnozmiennych przebiegów przed ekranem oscylografu przesuwają się błona filmowa, na której zostaje naświetlony kształt przebiegu mierzonego.

Przy rejestracji przebiegów szybkozmiennych napięcia powrotnego stosuje się szereg metod. Jedną z nich polega na doprowadzeniu do drugiej pary płytek tzw. napięcia podstawy czasu, tj. jednokierunkowego napięcia o przebiegu zbliżonym do trójkąta prostokątnego, którego przyprostokątna mieści się na osi czasu. Napięcie to o częstotliwości będącej w określonym stosunku do częstotliwości przebiegu mierzzonego, powoduje proporcjonalne do czasu rozciąganie w poprzek ekranu wychylenia wiązki elektronów powodowanego przez przebieg mierzony, odwzorowując go w funkcji czasu i umożliwiając jego rejestrację przy zastosowaniu przystawki fotograficznej. Dla uniknięcia zmatowienia obrazu — przez szereg nakładających się przebiegów napięcia mierzonego w stanie ustalonym — stosuje się wygaszanie wiązki lub wychylanie jej poza ekran, wyzwalając ją jedynie przez odpowiedni układ sterujący w chwili pojawiania się drgań wyrównawczych napięcia powrotnego.

Obraz stanu nieustalonego — dzięki pewnej bezwładności warstwy fluoryzującej — zachowuje się na ekranie przez czas potrzebny do naświetlenia filmu.

Inna metoda polega na doprowadzeniu do drugiej pary płytek wzorcowego napięcia sinusoidalnego, którego oddziaływanie wspólnie z przebiegiem mierzonym na pierwszej parze płytek powoduje powstanie na ekranie tzw. przebiegów Lissajous, których analiza pozwala wyznaczyć częstotliwość, fazę i amplitudę przebiegu mierzonego. Istnieją różne układy elektronowe pozwalające uzyskiwać przebieg mierzony nałożony na koło, spiralę itp. formy krzywych Lissajous.

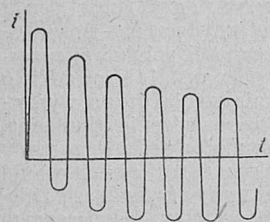
Oscylograf katodowy mający znacznie wyższą częstotliwość graniczną umożliwia wierne odwzorzenie przebiegu napięcia powrotnego, wpływając jednocześnie w znacznie mniejszym stopniu na jego tłumienie ze względu na swą wysoką oporność wejścia rzędu kilku megomów i związaną z tym możliwość sto-

sowania różnych dzielników napięcia. Wadę jego stanowi niemożliwość rejestracji przebiegów wolnozmiennych (poniżej ~ 10 c/s), dość kłopotliwa obsługa przy wykonywaniu zdjęć, trudna czasami w przypadku przebiegów Lissajou analiza wyników, wrażliwość na obce wpływy oraz to, że oscylografiy katodowe umożliwiające jednoczesną rejestrację wielu przebiegów, tj. wielopromieniowe lub z tzw. przełącznikiem promienia, są dość skomplikowane i kosztowne w porównaniu z wielopętlicowymi.

W praktyce przy próbach zwarciovych oscylografiy wielopętlicowe stosuje się z reguły przy wszelkich pomiarach z wyjątkiem pomiarów napięcia, do których stosowane są oscylografiy katodowe o zsynchronizowanym z pętlicowymi sterowaniu zdjęć.

2. Trudności związane z pomiarami wielkich wartości prądów zmiennych. Zalety i wady metod pomiarowych przy zastosowaniu boczników i przekładników prądowych.

Typowy przebieg prądu zwarciovego stanowi wynik nakładania się dwóch składowych. Jedną z nich jest zanikająca według pewnej funkcji wykładniczej składowa jednokierunkowa o wartości początkowej zależnej od fazy napięcia, przy której powstało zwarcie, drugą zaś — składowa zmienna o amplitudzie malejącej do pewnej wartości granicznej proporcjonalnie do pewnych dwóch funkcji wykładniczych. Przebieg tego rodzaju jest wynikiem zjawisk przejściowych, występujących podczas zwarcia w obwodzie magnetycznym prądnicy synchronicznej. Typowy przebieg prądu zwarciovego, zawierającego wszystkie wymienione składowe przedstawia rys. 2.



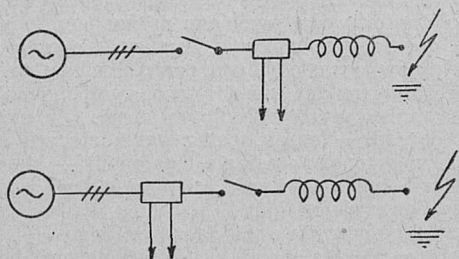
Rys. 2. Typowy przebieg prądu zwarciovego

Największa chwilowa wartość prądu zwarciovego od chwili jego powstania jest miarodajna dla wytrzymałości dynamicznej badanego

przyrządu, a wartość skuteczna w chwili wyłączenia zwarcia przez przyrząd badany jest miarodajna dla jego mocy wyłączalnej. Skuteczna wartość całego przebiegu jest miarodajna dla określenia wytrzymałości termicznej przyrządu badanego podczas prób wieloprądowych.

Z powyższego wynika, że możliwie wierne zarejestrowanie przez pętliczkę oscylografu całego przebiegu prądu zwarciovego jest bardzo istotne dla wyników analizy przyrządu badanego. Wobec oczywistej niemożliwości włączenia pętliczki bezpośrednio w obwód zwarciovych istnieją dwie zasadnicze metody pomiaru prądów zwarciovych — przy zastosowaniu boczników oraz przy zastosowaniu przekładników prądowych. Obie te metody mają swoje zalety i wady.

Metoda pomiaru przy zastosowaniu boczników. Pierwszym ważnym zagadnieniem przy zastosowaniu boczników jest właściwe umieszczenie ich w ciągu szyn w stosunku do przyrządu badanego. Istnieją dwa możliwe układy podane na rys. 3a i 3b.



Rys. 3a i 3b. Dwa możliwe układy umieszczenia boczników w szynach w stosunku do przyrządu badanego

W pierwszym z tych układów (rys. 3a) bocznik znajduje się między przyrządem badanym a uziemionym z reguły tzw. punktem zwarcia. Zaletą tego układu, stosowanego powszechnie przy próbach wysokiego napięcia, jest to, że bocznik jest zawsze w jednym swym punkcie uziemiony; wadą natomiast jest to, że w przypadku powstania zwarcia międzyfazowego na przyrządzie badanym bocznik nie jest w stanie zarejestrować jego przebiegu, co jest niekiedy bardzo ważne dla konstruktora.

Wady tej nie ma drugi układ (rys. 3b), w którym boczniki znajdują się przed przyrządem badanym. W układzie tym podczas zwarcia napięcie boczników względem ziemi jest równe

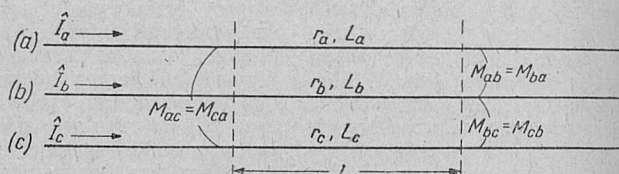
blisko zera, natomiast po wyłączeniu zwarcia przez przyrząd badany napięcie na nich względem ziemi jest równe napięciu fazowemu źródła zasilania w stanie jałowym, co w przypadku prób aparatury wysokiego napięcia wyklucza możliwość stosowania tego układu ze względu na niską wytrzymałość izolacji oscylografu.

Drugim ważnym zagadnieniem przy doborze boczników jest rząd wielkości ich oporności. Istnieją dwa rodzaje boczników, tzw. boczniki wysokooporowe o oporności rzędu milionów oraz boczniki niskooporowe o oporności rzędu mikroomów.

Boczniki wysokooporowe mają następujące zalety: duże umiarkowanie zależności od czułości przyłączanych do nich pętliczek ze względu na możliwość stosowania dowolnych oporników posobnie pętliczką, niski stosunek ich indukcyjności do oporności czynnej oraz stosunkowo małą wrażliwość na różne wpływy magnetyczne, o których będzie mowa dalej.

Zasadniczą wadę boczników wysokooporowych stanowi ich wpływ na zmniejszenie osiągalnej wartości prądu zwarciovego i duża strata mocy przy zwiarcach, wskutek czego warunki próby ulegają niepotrzebnemu złagodzeniu ze względu na poprawę współczynnika mocy układu zwarciovego. Oto przykład: jeżeli oporność bocznika w obwodzie zwarcia przy napięciu 500 V wynosi 1 mΩ, to przy prądzie 50 kA strata mocy na fazę wyniesie 2,5 MW, tj. 17% rozporządzalnej mocy pozornej zwarcia. Poza tym wykonanie wysokooporowych boczników jest trudne ze względów materiałowych i technologicznych.

Tych zasadniczych wad nie mają boczniki niskooporowe, aczkolwiek mają inne ujemne cechy. Jedną z nich stanowi uzależnienie dolnej granicy ich oporności od oporności i czułości przyłączanych do nich pętliczek. Poza tym przy stosowaniu boczników niskooporowych uwydatnia się szereg zjawisk natury magnetycznej, wpływających niekiedy znacznie na ich oporność pozorną, „widzianą” z zacisków oscylografu,



Rys. 4. Wycinek ciągu szyn układu trójfazowego

r_a, r_b, r_c — oporności czynne na długości l
 L_a, L_b, L_c — indukcyjności własne na długości l
 M_{ab}, M_{bc}, M_{ca} — indukcyjności wzajemne na długości l

Po pierwsze — ze względu na uzyskanie możliwie małych zmian oporności czynnej bocznika niskooporowego w czasie przepływu prądu zwarciovego wskutek nagrzania się materiału bocznika — konieczne jest stosowanie boczników o dużej wytrzymałości termicznej, czyli o stosunkowo dużej powierzchni przekroju. Przy prądzie zmiennym o częstotliwości przemysłowej płynącym w przewodzie o przekroju 1000 mm² i wyżej, występuje już wyraźnie zjawisko nasłódkowości czyli wzrostu oporności czynnej przewodu w wyniku nierównomierności gęstości prądu w powierzchni przekroju.

Po drugie oporność bierna indukcyjna trójfazowego układu boczników niskooporowych jest porównywalna — co do rzędu wielkości — z ich opornością czynną, co powoduje niekiedy znaczne przesunięcie fazowe rejestrowanego przez pętliczkę spadku napięcia na boczniku względem prądu przez niego płynącego. Celem zmniejszenia indukcyjności boczników i wpływu zjawiska nasłódkowości stosuje się niekiedy boczniki w formie kłatek, równoległych pasków, rur itp. W ten sposób jeden z dwóch składników indukcyjności rozpatrywanego przewodu, a mianowicie tzw. indukcyjność wewnętrzną, zależną od zastępczego średniego promienia geometrycznego przewodu, ulega zmniejszeniu. Składnik drugi natomiast, czyli tzw. indukcyjność zewnętrzna, zależną od średniej geometrycznej odległości pomiędzy przewodami, nie ulega zmianie.

Charakter i rząd wielkości wpływu indukcyjności trójfazowego układu szyn z bocznikami na „widzianą” z zacisków oscylografu oporność bocznika wykaże najlepiej następujący przykład.

Układ na rys. 4 przedstawia ciąg szyn trójfazowych o zadanych dodatkowych kierunkach prądu. Pewne odcinki szyn o długości l wyzyskane są jako boczniki, na których rozważa się spadek napięcia jako miernik prądu.

Przyjmując, że r_a, r_b, r_c i L_a, L_b i L_c oznaczają oporności czynne układu szyn na długości l , że L_a, L_b i L_c oznaczają indukcyjności

ności własne tych odcinków, a M_{ab} , M_{bc} i M_{ac} — indukcyności wzajemne pomiędzy odcinkami, możemy spadki napięcia dla trzech faz na odcinku l napisać w następujący sposób:

$$(1) \quad \begin{cases} \hat{U}_a = \hat{I}_a (r_a + j\omega L_a) + \hat{I}_{bj}\omega M_{ab} + \hat{I}_{cj}\omega M_{ac}, \\ \hat{U}_b = \hat{I}_a j\omega M_{ba} + \hat{I}_b (r_b + j\omega L_b) + \hat{I}_{cj}\omega M_{bc}, \\ \hat{U}_c = \hat{I}_a j\omega M_{ca} + \hat{I}_{bj}\omega M_{cb} + \hat{I}_c (r_c + j\omega L_c). \end{cases}$$

Prądy $\hat{I}_a$, $\hat{I}_b$, $\hat{I}_c$ płynące w trzech fazach układu wyrażają się w następujący sposób w zależności od składowych symetrycznych układu, przy obraniu na fazę odniesienia fazy „a”:

$$(2) \quad \begin{cases} \hat{I}_a = \hat{I}_{a1} + \hat{I}_{a2}, \\ \hat{I}_b = a^2 \hat{I}_{a1} + a \hat{I}_{a2}, \\ \hat{I}_c = a \hat{I}_{a1} + a^2 \hat{I}_{a2}, \end{cases}$$

przy czym stosunek $\hat{I}_{a2}$ i $\hat{I}_{a1}$ jest określony i równy

$$\hat{k} = \frac{\hat{I}_{a2}}{\hat{I}_{a1}},$$

a operatory a i a^2 są odpowiednio równe

$$a = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2} \quad \text{ i } \quad a^2 = -\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2}.$$

Wstawiamy wartości prądów (2) do równań (1); po wykonaniu wskazanych działań oraz po podzieleniu spadków napięć w odpowiednich fazach przez prądy płynące w tych fazach otrzymujemy w wyniku odpowiednie oporności zastępcze $\hat{Z}$ dla poszczególnych faz:

$$(3) \quad \begin{cases} \hat{Z}_a = r_a + \frac{1 - \hat{k}}{1 + \hat{k}} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \omega (M_{ab} - M_{ac}) + \\ \quad + j\omega \left[L_a - \frac{1}{2} (M_{ab} + M_{ac}) \right], \\ \hat{Z}_b = r_b + \frac{1 - \hat{k}}{1 + \hat{k}} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2 \cdot \hat{n}} \cdot \omega (M_{bc} - M_{ba}) + \\ \quad + j\omega \left[L_b - \frac{1}{2 \cdot \hat{n}} (\hat{n} M_{bc} + M_{ba}) \right], \\ \hat{Z}_c = r_c + \frac{1 - \hat{k}}{1 + \hat{k}} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2 \cdot \hat{n}} \cdot \omega (M_{ca} - M_{cb}) + \\ \quad + j\omega \left[L_c - \frac{1}{2 \cdot \hat{n}} (M_{ca} + \hat{n} M_{cb}) \right], \end{cases}$$

gdzie

$$\hat{n} = \frac{1}{4} + \frac{3}{4} \left(\frac{1 - \hat{k}}{1 + \hat{k}} \right)^2,$$

$$\hat{n} = \frac{1}{4} - \frac{3}{4} \left(\frac{1 - \hat{k}}{1 + \hat{k}} \right)^2.$$

Z równań (3) wynika, że oporność bocznika „widziana” z zacisków oscylografu nie tylko ma składnik bierny, ale że ponadto składnik czynny tej oporności rozbity jest na dwa dalsze składniki. Jeden z nich jest stały, zależy jedynie od materiału przewodu, przy uwzględnieniu zjawiska naskórkowości, natomiast drugi zależy od indukcyności wzajemnych pomiędzy przewodami oraz od stopnia asymetrii prądów w trzech fazach, tj. od współczynnika $\hat{k}$. Różnice indukcyności wzajemnych pomiędzy przewodami są dość znaczne w przypadku najczęściej spotykanych układów płaskich szyn, np. w konkretnym układzie trzech szyn miedzianych 100 mm $\times$ 10 mm, na „płask” w odległości 350 mm od siebie stosunek wielkości $\frac{\sqrt{3}}{2} \omega (M_{ab} - M_{ac})$ do r_a wynosi ok. 20%.

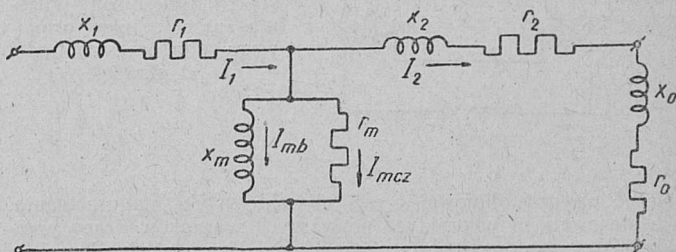
Z powyższego przykładu wynika, że mierzony przez pętlę spadek napięcia przypada na oporność pozorną, której zarówno część czynna, jak i część bierna mogą ulegać dość znacznym zmianom od przypadku do przypadku w zależności od stopnia asymetrii prądów płynących w trzech fazach układu. Dla uniknięcia tych błędów stosuje się specjalne układy doprowadzenia przewodów napięciowych.

Innym zjawiskiem obniżającym dokładność pomiaru prądów przy zastosowaniu boczników jest tzw. zjawisko zbliżenia. Jeżeli w pobliżu bocznika z prądem znajduje się jakaś masa metalowa, np. sąsiednia szyna, wówczas prądy wirowe wzniesane w niej przez strumień wytwarzany przez prąd w boczniku stanowią źródło strat, czerpiących energię za pośrednictwem strumienia magnetycznego z bocznika. W swoistym transformatorze tego rodzaju oporność drogi prądów wirowych sprowadza się na stronę pierwotną tj. zwiększa oporność czynną bocznika z punktu widzenia zacisków oscylografu.

Jeżeli masa metalowa znajdująca się w pobliżu bocznika jest magnetyczna, wówczas rozkład gęstości prądów wirowych w niej jest funkcją nierównomiernego rozkładu indukcji w jej przekroju, zależnego od charakterystyki magnesowania materiału. Poza tym rozkład indukcji we wnętrzu masy magnetycznej nie jest stały, lecz zależy od wartości natężenia pola, w którym się ona znajduje. Z powyższego wynika, że w przypadku mas magnetycznych znajdujących się w pobliżu boczników z prądem wzrost oporności czynnej tych boczników „widzianych” od strony oscylografu jest zmienny i zależy od wartości natężenia prądów w nich płynących oraz od stopnia ich symetrii. Wpływ zjawiska zbliżenia w przypadku mas magnetycznych na zmiany oporności boczników jest praktycznie biorąc niemożliwy do obliczenia analitycznego, w zagadnieniach praktycznych należy więc dbać jedynie o to, by wszelkie masy przewodzące, a zwłaszcza magnetyczne, znajdowały się dostatecznie daleko od ciągu szyn, tj. w obszarze, gdzie wypadkowe natężenie pola układu trójfazowego przy wszelkich wartościach prądów i przy wszelkich stopniach asymetrii prądów w poszczególnych fazach jest praktycznie biorąc równe zero. Jako ciekawostkę należy podać, że w obcych rozwiązaniach stacji wieloprądowych wszystkie konstrukcje wykonywane są z powyższych względów zasadniczo z drzewa, plastyków i podobnych materiałów.

Wreszcie należy podać, że w przypadku, gdy bocznik różni się wymiarami geometrycznymi od szyn, do których jest przymocowany, pole układu szyn ulega zniekształceniu, polegającemu m. inn. w wprowadzeniu składowej pola równoległej do układu szyn. Składowa ta powoduje wzniesienie sił elektromotorycznych w przewodach napięciowych prostopadłych do boczników, stanowiąc dodatkowe źródło błędów przy pomiarach. Z powyższego względu należy starać się, by poprawne wymiary geometryczne boczników były możliwie zbliżone do poprzecznych wymiarów szyn.

Przy stosowaniu boczników do pomiarów wielkich prądów zmiennych należy oprócz tego zwracać uwagę na to, by stała czasu obwodu napięciowego była możliwie mała w stosunku do



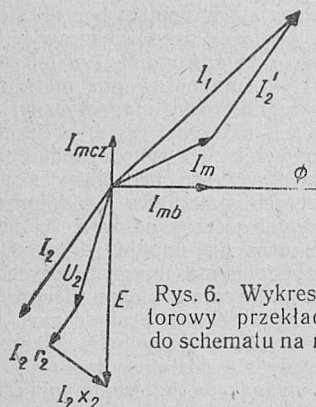
Rys. 5. Zastępczy schemat przekładnika prądowego

stałej czasu bocznika ze względu na konieczność wiernej rejestracji szybkozmiennych przebiegów prądowych, jak np. przy powtórnych zapłonach, w przypadku „ucinięcia” przez wyłączniki powietrzne stosunkowo małych prądów itp. Poza tym należy dbać o to, żeby siły termoelektryczne pomiędzy materiałem bocznika a materiałem przewodów napięciowych były do pominięcia, tzn. żeby nie wprowadzały dodatkowej składowej jednokierunkowej do prądu płynącego przez pętlę. Wpływ ten ma zasadniczo znaczenie jedynie w przypadku stosowania bardzo czułych pętel prądowych.

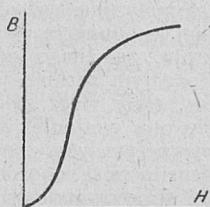
Metoda pomiaru przy zastosowaniu przekładników prądowych. Stosowanie przekładników prądowych do pomiaru prądów przy próbach zwarciovych zapewnia maksimum bezpieczeństwa pracy obsługi i oscylografu ze względu na odizolowanie układu pomiarowego od ciągu szyn. Z powyższych względów przekładniki prądowe znajdują powszechne zastosowanie przy próbach aparatury wysokiego napięcia; stosowanie ich jednak do rejestracji typowych przebiegów prądów zwarciovych jest związane z wpływem różnych czynników, pogorszających dokładność pomiaru. Należy przede wszystkim omówić dobór właściwych warunków ich pracy w założeniu wyśtopowania jedynie składowej zmiennej po stronie pierwotnej.

Schemat zastępczy przekładnika prądowego przedstawia rys. 5. W schemacie tym — wobec oczywistego założenia, że istotny jest jedynie przebieg I_1 , indukcyjność rozproszenia i oporność czynna strony pierwotnej nie wywierają wpływu na wartość prądu pierwotnego I_1 tak, że przy sporządzaniu sprowadzonego wykresu wektorowego (rys. 6) można je pominąć.

Analizując wykres powyższy przy uwzględnieniu typowej charakterystyki magnesowania rdzenia, jak na rys. 7, należy stwierdzić, że gdy prąd po stronie pierwotnej wzrasta, wzrasta

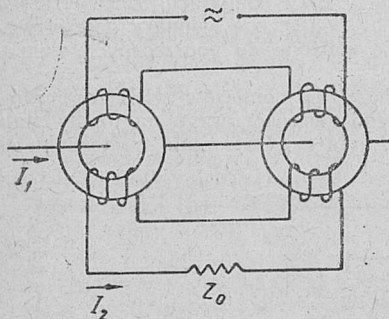


Rys. 6. Wykres wektorowy przekładnika do schematu na rys. 5



Rys. 7. Typowy przebieg charakterystyki magnesowania rdzenia przekładnika prądowego

również prąd po stronie wtórnej, co przy założeniu stałości obciążenia, oporności i indukcyjności strony wtórnej prowadzi do konieczności zwiększania siły elektromotorycznej, a więc prądu magnesującego. Związane to jest ze zwiększeniem uchybu przekładni przy zmniejszeniu uchybu kąтового. Analogiczny wpływ wywiera zwiększenie wielkości oporności obciążenia strony wtórnej. Z powyższych względów należy przekładniki prądowe, stosowane przy próbach zwarciovych, obciążać możliwie małą opornością czynną po stronie wtórnej, a punkt pracy dla największej wartości składowej zmiennej prądu zwarciovego do-



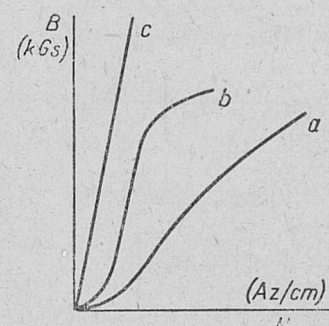
Rys. 8. Ideowy schemat układu służącego do „wyprostowania” charakterystyki magnesowania rdzenia przekładnika prądowego dla częstotliwości 50 okr./sek.

e) specjalne wykroje rdzeni i dodatkowe uzwojenia, dzięki czemu część rdzenia pracuje przy małych wartościach indukcji, a część przy nasyceniu, co w wyniku powoduje bardziej płaski i prostoliniowy przebieg krzywej magnesowania, itd., itd.

Z wielu powyższych układów omówimy jeden — stosunkowo prosty, lecz umożliwiający znaczne poprawienie dokładności pomiaru prądów w całym zakresie aż do prądu znamionowego.

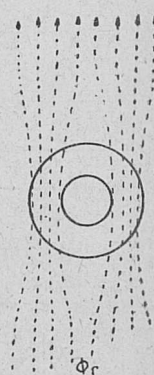
Na dwóch identycznych magnetycznie rdzeniach (rys. 8) nawinięte są w przeciwnym kierunku dwa dodatkowe uzwojenia zasilane napięciem o częstotliwości kilkuset okresów na sekundę. Kierunek nawinięcia jest taki, że napięcie powyższe nie występuje ani po stronie pierwotnej, ani po stronie wtórnej przekładnika. Zasada działania powyższego układu opiera się na następującym zjawisku: gdy materiał ferromagnetyczny jest jednocześnie magnesowany z dwóch źródeł o różnej częstotliwości, wówczas źródło o wyższej częstotliwości pokrywa większość strat na histerezę i moc bierną magnesowania, źródło zaś o niższej częstotliwości pokrywa jedynie straty na prądy wirowe przy tej częstotliwości oraz niewielką część mocy biernej magnesowania, przy czym materiał rdzenia ma dla tej częstotliwości dość wysoką i stałą przenikalność magnetyczną. Wynik zastosowania w praktyce powyższego układu przedstawia rys. 9.

Innym zjawiskiem, wpływającym na dokładność pomiaru prądu przy próbach zwarciovych przekładnikami prądowymi, jest zagadnienie rozprożeń pola sąsiednich szyn układu trójfazowego. Linie magnetyczne układu trójfazowego mogą zamykać się przez rdzeń przekładnika jak na rys. 10, wskutek czego w połowie rdzenia indukcja strumienia roboczego ulega zmniejszeniu, w połowie zaś zwiększeniu, co w wyniku może doprowadzić do nasycenia części rdzenia i zwiększenia prądu magnesującego, czyli do zwiększenia uchybów. Jako środki zaradcze stosuje się



Rys. 9. Porównanie jakościowe przebiegu charakterystyk magnesowania rdzeni przekładników w różnym wykonaniu

a — przekładnik krajowy
b — przekładnik radziecki
c — przekładnik radziecki jak krzywa b przy zastosowaniu dodatkowego wzbudzenia ok. 500 okr./sek.



Rys. 10. Przenikanie linii magnetycznych przez rdzeń przekładnika prądowego

bierać na prostoliniowej części charakterystyki magnesowania. Ze stosowaniem w praktyce powyższych warunków pracy przekładników prądowych jest związane obniżenie ich dokładności — przy niewielkich prądach zwarciovych — w wyniku dolnego zakrzywienia charakterystyki magnesowania oraz możliwość nasycenia rdzenia w wyniku pól rozproszenia sąsiadujących szyn układu trójfazowego przy dużych wartościach prądu lub w przypadku, kiedy prąd zawiera po stronie pierwotnej składową jednonierunkową, o czym będzie mowa dalej.

Dla zwiększenia dokładności pomiaru przy niewielkich prądach zwarciovych stosuje się szereg specjalnych metod, zmierzających bądź do wyprostowania przebiegu charakterystyki magnesowania celem uzyskania stałości uchybów przy różnych prądach dla ułatwienia następnie kompensacji tych uchybów, bądź do zmniejszenia wartości prądu magnesującego jako źródła wszystkich błędów, bądź do połączenia obu tych dróg. W tym celu stosuje się: a) specjalne materiały na rdzenie, jak „nicalloy”, „permalloy”, „hypernik”, „mumetal” itd. o stromym i prostoliniowym przebiegu charakterystyki magnesowania; b) kompensowanie prądów magnesujących przez obciążenie pojemnością strony wtórnej lub dodatkowego uzwojenia; c) przekładniki dwu- i wielordzeniowe o wstępnym podmagnesowaniu rdzeni częstotliwością przemysłową, w układzie różnicowym w stosunku do obciążenia, do takiej wartości indukcji, przy której przenikalność jest największa, a więc prąd magnesujący możliwie najmniejszy; d) uzwojenia kompensacyjne, przesuwające fazę wypadkowego strumienia w rdzeniu względem prądu pierwotnego;

bądź odpowiednie obniżenie wartości indukcji w stanie pracy znamionowej przekładnika, bądź dzielenie uzwojenia wtórnego na sekcje i odpowiednie łączenie ich szeregowo-równoległe tak, aby strumień rozproszenia sąsiadujących szyn, przenikający przez rdzeń jak na rys. 10, był kompensowany przez odpowiednie prądy w sekcjach uzwojenia wtórnego.

Na dokładność pomiarów przy próbach zwarciovych wywiera również wpływ ewentualne występowanie wyższych częstotliwości po stronie pierwotnej i ucinanie prądów zwarcia przez bezpieczniki czy wyłączniki powietrzne. Wpływ wyższej częstotliwości prądu pierwotnego sprowadza się do zmniejszenia składowej biernej prądu magnesującego przy jednoczesnym zwiększeniu składowej czynnej w wyniku zwiększenia się strat w funkcji częstotliwości. Wpływ „ucinięcia” prądów po stronie pierwotnej sprowadza się do zachowania przez rdzeń pewnego magnetyzmu szczałkowego, co w przypadku ponownego przepływu prądu zwarcia o tej samej biegunowości może spowodować wzrost indukcji aż do nasycenia rdzenia. Z powyższego względu przekładniki należy rozmagnesowywać po każdej próbie zwarciovwej związanej z „ucinianiem” prądów zwarciovych. Zbędne to jest jedynie w przypadku układu według rys. 8, w którym rdzeń ulega ciągłemu przemagnesowywaniu przez źródło wyższej częstotliwości.

Na dokładność przekładników prądowych stosowanych przy próbach zwarciovych poważnie wpływa ponadto sam kształt przebiegu prądu zwarcia według rys. 2, czyli — ściślej — stała

czasu zanikania składowej jednokierunkowej oraz stałe czasu, z którymi amplituda składowej zmiennej dąży do wartości ustalonego prądu zwarciovego. W lapidarnym ujęciu zagadnienie powyższe tłumaczy się w sposób prosty po przyjęciu w schemacie zastępczym według rys. 5 następującego uproszczenia. Ze względu na wspomniane wyżej najkorzystniejsze warunki pracy przekładników prądowych przy obciążeniu ich po stronie wtórnej jedynie opornością czynną, tj. przy stosowaniu bezindukcyjnych boczników pętliczek oscylografu, można pominąć oporność bierną obciążenia x_0 . Przy próbach zwarciovych stosuje się przeważnie przekładniki typu przepustowego, jako prostsze konstrukcyjnie i dogodniejsze do montowania w ciągu szyn o znacznym najczęściej przekroju. Przekładniki te mają — ze względu na sposób rozmieszczenia uzwojenia wtórnego — znikome rozproszenie x_2 , które również można pominąć. Podobnie można pominąć oporność r_m wobec znacznej jej wartości ze względu na stosowanie wysokogatunkowych materiałów magnetycznych na rdzenie. Jeżeli założyć, że w tak uproszczonym schemacie zastępczym prąd i_1 zawiera składową jednokierunkową, to składowa ta musi się rozdzielić pomiędzy indukcyjność magnesowania L_m i oporność czynną przekładnika po stronie wtórnej, tj. $r_2 + r_0$, sposób zaś rozdziału uwarunkowany jest równaniem

$$L_m \frac{di_m}{dt} = i_2 (r_2 + r_0).$$

W przypadku, gdy stała czasu składowej jednokierunkowej jest duża, czyli zanikanie przebiegu stosunkowo łagodne, zwiększa się prąd jednokierunkowy płynący przez L_m kosztem zmniejszenia prądu jednokierunkowego płynącego przez $r_2 + r_0$. Jednocześnie wzrasta nasycenie rdzenia, a więc zmniejsza się jego indukcyjność dla składowej zarówno jednokierunkowej, jak i zmiennej, powodując dalszy wzrost prądu jednokierunkowego płynącego przez L_m oraz zwiększenie się prądu magnesującego składowej zmiennej. Przebieg powyższego zjawiska potęguje się w dalszym ciągu i w niekorzystnych przypadkach, a więc przy dużych stałych czasu nieustalonej części przebiegu prądu zwarciovego i małych indukcyjnościach L_m , może doprowadzić do wzrostu uchybów przekładnika w stanie przejściowym nawet do kilkudziesięciu procentów.

Celem analitycznego zbadania powyższego zjawiska zmniejszania się dokładności przekładnika podczas nieustalonej części przebiegu prądu zwarciovego należy rozpatrzyć nieustaloną część przebiegu prądu magnesującego, jako źródła wszelkich błędów w przekładniku. Równanie różniczkowe dla zastępczego schematu przekładnika — w myśl wyżej przyjętych uproszczeń i przy założeniu prostoliniowej charakterystyki magnesowania, tj. stałości przenikalności magnetycznej — przedstawia się w sposób następujący:

$$L_m \frac{di_m}{dt} = (r_2 + r_0) i_2.$$

Wstawiając tu $i_2 = i_1 - i_m$ oraz $r_2 + r_0 = R$, uzyskujemy po odpowiednim uporządkowaniu

$$\frac{di_m}{dt} + \frac{R}{L_m} i_m = \frac{R}{L_m} i_1(t),$$

gdzie $i_1(t)$ jest dowolnym przebiegiem prądu pierwotnego w funkcji czasu.

Postać ogólna rozwiązania powyższego liniowego równania różniczkowego jest następująca:

$$i_m = e^{-\frac{t}{T}} \left[\int \frac{1}{T} i_1(t) \cdot e^{\frac{t}{T}} dt + k \right] = \frac{1}{T} e^{-\frac{t}{T}} \int i_1(t) e^{\frac{t}{T}} dt + k e^{-\frac{t}{T}},$$

gdzie $T = \frac{L_m}{R}$

Przyjmując, że typowemu przebiegowi prądu zwarciovego z rys. 2 odpowiada następująca zależność:

$$i_1 = A e^{\frac{t}{T_1}} \sin(\omega t + \alpha) + B e^{\frac{t}{T_2}} \sin(\omega t + \alpha) + C \sin(\omega t + \alpha) - (A + B + C) \sin \alpha \cdot e^{-\frac{t}{T_3}},$$

uzyskujemy — po podstawieniu powyższej zależności do roz-

wiązania ogólnego przebieg prądu magnesującego w postaci:

$$i_m = \frac{AT_1 e^{-\frac{t}{T_1}}}{\sqrt{(T_1 - T)^2 + (\omega T T_1)^2}} \cdot \sin(\omega t + \alpha - \beta) + \frac{BT_2 e^{-\frac{t}{T_2}}}{\sqrt{(T_2 - T)^2 + (\omega T T_2)^2}} \sin(\omega t + \alpha - \gamma) + \frac{C}{\sqrt{1 + (\omega T)^2}} \sin(\omega t + \alpha - \delta) - (A + B + C) \sin \alpha \cdot \frac{T_3}{T_3 - T} \cdot e^{-\frac{t}{T_3}} + k e^{-\frac{t}{T}},$$

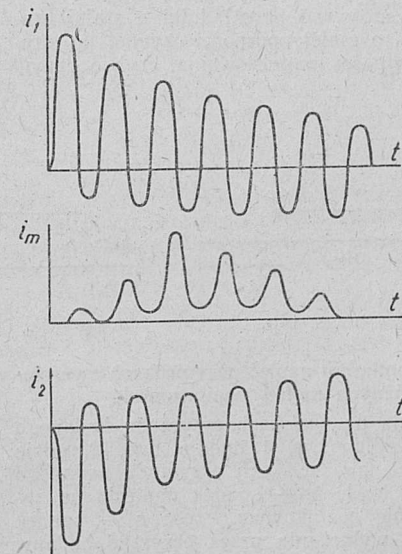
gdzie stała całkowania k , określona w założeniu stałości indukcyjności w chwili $t = 0$ i prądu $i_m = 0$, wynosi:

$$k = (A + B + C) \frac{T_3}{T_3 - T} \sin \alpha + \frac{AT_1}{\sqrt{(T_1 - T)^2 + (\omega T T_1)^2}} \sin(\alpha - \beta) - \frac{BT_2}{\sqrt{(T_2 - T)^2 + (\omega T T_2)^2}} \sin(\alpha - \gamma) - \frac{C}{\sqrt{1 + (\omega T)^2}} \sin(\alpha - \delta),$$

gdzie

$$\beta = \arctg \frac{\omega T T_1}{T_1 - T}, \quad \gamma = \arctg \frac{\omega T T_2}{T_2 - T}, \quad \delta = \arctg \omega T.$$

W zależności powyższej składnik $\frac{C}{\sqrt{1 + (\omega T)^2}} \sin(\omega t + \alpha - \delta)$ przedstawia znamionowy prąd magnesujący przekładnika, przy czym czynnik $\frac{1}{\sqrt{1 + (\omega T)^2}}$ jest miarodajny dla uchybu przekładni, kąt δ jest miarodajny dla uchybu kąowego, pozostałe zaś składniki stanowią o zwiększeniu uchybu zarówno przekładni, jak i kąowego w stanie nieustalonym. Wobec spoty-

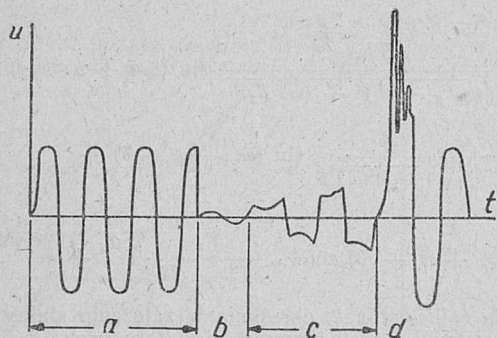


Rys. 11. Typowy przebieg prądów stanu nieustalonego w przekładniku prądowym
 i_1 — prąd pierwotny
 i_2 — prąd wtórny
 i_m — prąd magnesujący

kanych w praktyce wartości mniej więcej $T_1 = 0,1$ sek., $T_2 = 0,5$ sek., $T_3 = 0,75$ sek., $A = 4,5$ C i $B = 7$ C uchyb przekładnika w stanie nieustalonym — nawet przy założeniu prostoliniowego przebiegu charakterystyki magnesowania — może poważnie wzrosnąć osiągając nawet kilkadziesiąt procentów znamionowego prądu sinusoidalnego przekładnika.

Ponieważ ze wzrostem i_m rdzeń zaczyna się nasycić, więc zmniejsza się L_m , co pociąga za sobą zmianę wartości stałej całkowania k wyznaczonej dla $t = 0$. Dla uzyskania przeto bar-

dziej ścisłego przebiegu i_m w funkcji czasu należy charakteryzować magniesowania podzielić na szereg przedziałów, dla każdego z nich założyć inną stałą wartość L_m , obliczyć stałą k dla początkowej wartości prądu w tym przedziale i w ten sposób metodą „krok za krokiem” wyznaczyć cały przebieg $i_m(t)$. Ty-

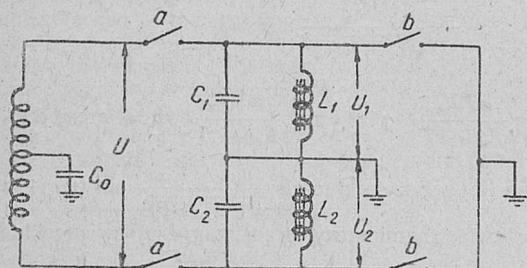


Rys. 12. Typowy przebieg napięcia podczas próby zwarciowej

- a — przed powstaniem zwarcia
- b — w czasie zwarcia w stanie bezłukowym
- c — w czasie zwarcia podczas palenia się łuku
- d — po wyłączeniu zwarcia

powy charakter przebiegu prądów stanu nieustalonego w przekładniku prądowym przedstawia rys. 11.

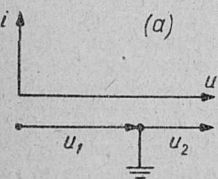
Dla uniknięcia zmniejszania się dokładności przekładników przy próbach zwarciowych, ze względu na charakter przebiegu



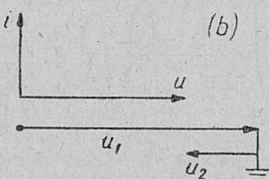
Rys. 13

- L_1, L_2 — przekładniki napięciowe
- C_1, C_2 — pojemności układu szyn względem ziemi
- C_0 — pojemność punktu zerowego źródła napięcia względem ziemi
- a — styki wyłącznika bezpieczeństwa
- b — styki wyłącznika badanego

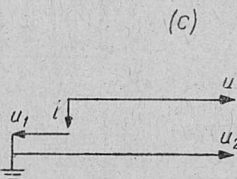
prądu pierwotnego, należy stosować przekładniki o stałej czasu T rzędu 4 do 5 sek., tj. o małej oporności czynnej po stronie wtórnej i dużej indukcyjności magniesowania, czyli o dużym przekroju rdzenia.



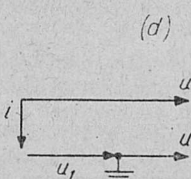
Rys. 14a



Rys. 14b



Rys. 14c



Rys. 14d

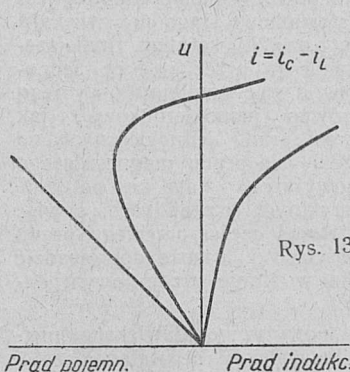
3. Trudności związane z pomiarem napięć przy próbach zwarciowych. Zalety i wady różnych metod pomiarowych.

Typowy przebieg napięcia na zaciskach przyrządu badanego w układzie zwarciowym według rys. 1 podaje rys. 12, gdzie część a przedstawia napięcie na zaciskach przyrządu badanego przed powstaniem zwarcia, część b — spadek napięcia na zaciskach wyłącznika w stanie bezłukowym, część c — spadek napięcia na łuku w czasie wyłączania przez przyrząd badany, część d — ponowne ustalanie się napięcia na zaciskach przyrządu badanego po definitywnym zgaszeniu łuku przez przyrząd badany. Dla analizy zdolności gaszenia łuku w przyrządzie badanym, czyli wzrastania wytrzymałości przerwy łukowej po jego ostatnim zgaśnięciu, istotne jest określenie stromości wzrastania napięcia powrotnego w części d. Tu przebieg jest wynikiem nałożenia się napięcia o częstotliwości źródła i szeregu drgań wyrównawczych. Drgania te powstają w wyniku ładowania się pewnych, często złożonych, układów pojemności obwodu zwarcia przez indukcyjność maszyn, transformatorów, dław-

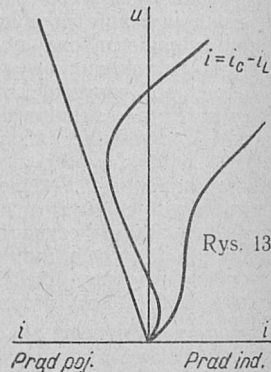
ków, szyn zbiorczych itd. przy jednoczesnym tłumieniu ich przez oporności czynne obwodów drgających i upływności.

Możliwie wierne zarejestrowanie powyższego złożonego przebiegu napięcia powrotnego jest celem przy wyborze właściwej metody pomiaru napięć w próbach zwarciowych. Wobec oczywistej niemożliwości włączenia petliczki czy płytek oscylografu katodowego (przy wysokim napięciu) obocześnie do styków przyrządu badanego istnieje szereg pośrednich układów pomiarowych, mających swe zalety i wady.

Metoda pomiaru przy zastosowaniu przekładników napięciowych. Przekładniki napięciowe powszechnie używane jako przyrządy pomiarowe przy eksploatacji urządzeń rozdzielczych są dokładne jedynie w przypadku pomiaru napięć w stanie ustalonym. Wobec konieczności dokładnej rejestracji przebiegów nieustalonych napięcia przy próbach zwarciowych stosowanie przekładników napięciowych przy pomiarach napięcia w zwarciowni jest, praktycznie biorąc, niemożliwe. Po pierwsze, stany nieustalone napięcia mierzonego wywołują przebiegi nieustalone w przekładniku, powodując poważne niekiedy zniekształcenia napięcia po stronie wtórnej, odkształcenia przebiegu składowych stałych napięcia itp. Po drugie, przekładniki napięciowe wpływają często niekorzystnie na przebieg napięcia powrotnego w obwodzie mierzonym, gdyż wprowadzają własne drgania, sprowadzają do ziemi ładunki stałe itd.; są one ponadto dość kosztowne i mają stosunkowo duże wymiary w wy-



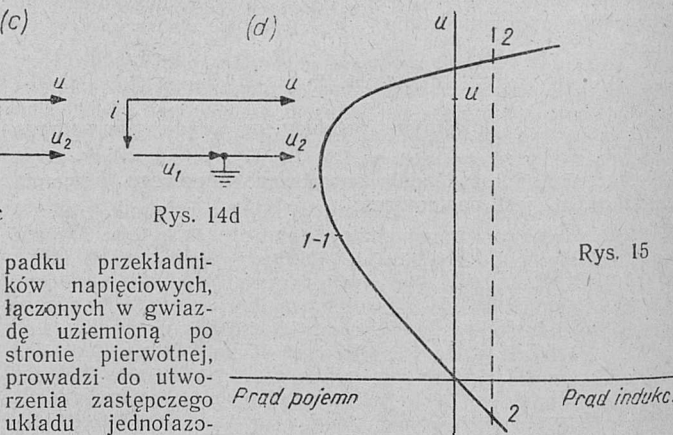
Rys. 13a



Rys. 13b

konaniu na wysokie napięcie. Stosowanie przekładników przy próbach zwarciowych jest ponadto częstą przyczyną tzw. niestateczności punktu zerowego, którą należy bliżej omówić.

Większość zwarciowni — ze względu na konieczność ograniczenia prądów jednofazowych zwarć doziemnych — pracuje przy izolowanym punkcie zerowym i przy jednoczesnym uziemieniu miejsca zwarcia. Z powyższego wynika, że dla uzyskania właściwego pomiaru napięć na zaciskach przyrządu badanego należy układ pomiaru również uziemiać. Stosowanie w takim przy-

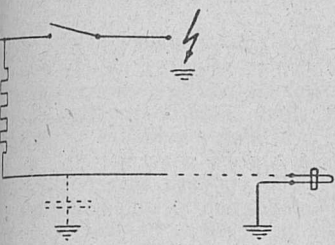


Rys. 15

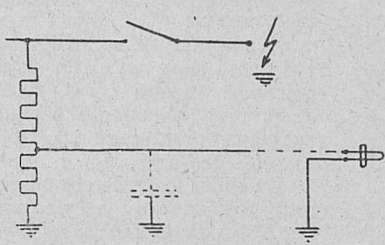
padku przekładników napięciowych, łączonych w gwiazdę uziemioną po stronie pierwotnej, prowadzi do utworzenia zastępczego układu jednofazowego, z którego można wyciągnąć odpowiednie wnioski dla zachowania się układu trójfazowego (rys. 13).

Z chwilą załączenia napięcia na układ zwarciowy przed załączeniem wyłącznika badanego w układzie L_1, C_1, L_2, C_2 zaczyna płynąć prąd pojemnościowy lub indukcyjny w zależności od parametrów obwodu. Charakter zmian obocznego połączenia indukcyjności z żelazem i pojemności w funkcji napięcia jest nieliniowy, jak pokazują rys. 13a i 13b.

W miarę wzrastania napięcia po załączeniu układu przez wyłącznik bezpieczeństwa — przy uwzględnieniu, że w ogólnym przypadku $C_1 \neq C_2$, a charakterystyki magnesowania przedników mogą się różnić — zdarzyć się może, że oba układy L, C mają najpierw charakter pojemnościowy (rys. 14a), a potem w miarę wzrostu napięcia jeden z nich jest pojemnościowy, drugi indukcyjny o przeważającym charakterze obwodu pojemnościowym (rys. 14b); następnie jeden z nich jest pojemnościowy, drugi indukcyjny o przewadze charakteru indukcyjnego (rys. 14c); wreszcie oba są o charakterze indukcyjnym (rys.



Rys. 16a. Pomiar napięcia oscylografem pętlicowym przy zastosowaniu opornika dodatkowego



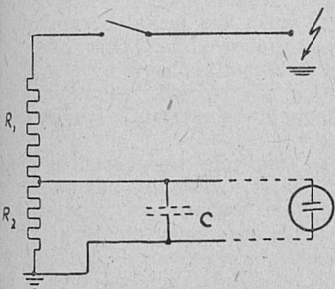
Rys. 16b. Pomiar napięcia oscylografem pętlicowym przy zastosowaniu opornościowego dzielnika napięcia

14d), jak pokazują rysunki ilustrujące odpowiedni rozkład spadków napięcia u_1 i u_2 .

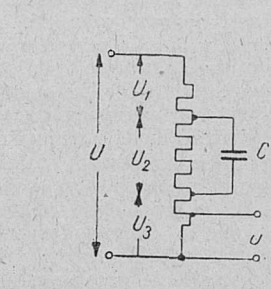
Zjawisku powyższemu w pewnych punktach w pobliżu rezonansów mogą towarzyszyć gwałtowne zmiany zwrotów napięcia i przepięcia ze względu na możliwość spełnienia warunków $\hat{U} = \hat{U}_1 + \hat{U}_2$ zarówno przez punkty 1-1, jak i przez punkty 2-2, pokazane na rys. 15 dla dwóch identycznych układów L, C .

Zjawisko powyższe może się odbywać przez drgania wyrównawcze, przy ładowaniu i wyładowywaniu pojemności punktu zerowego źródła itd., wskutek czego jest na ogół dość skomplikowane, i powoduje w wyniku niestateczności napięć na zaciskach przyrządu badanego.

Zjawisko niestateczności zera może występować — aczkolwiek w łagodniejszym stopniu, bo bez rezonansów i gwałtownych zmian znaku — również przy zastosowaniu dzielników



Rys. 17. Pomiar napięcia oscylografem katodowym przy zastosowaniu opornościowego dzielnika napięcia



opornościowych wskutek nagle naładowania różnych na ogół dla każdej fazy pojemności szyn i pojemności

źródła względem ziemi, a następnie przy wyładowywaniu ich przez oporności dzielnika napięcia i upływ wskutek czego napięcie punktu zerowego źródła może ulegać pewnym wahaniom.

Podobnie włączanie transformatorów zwarcowych „gwiazda izolowana — trójkąt” bezpośrednio przed zwarciem przyrządu badanego może powodować niestateczność zera układu ze względu na różny na ogół i zależny od indukcji szczytkowej oraz oporności magnetycznej każdej kolumny rdzenia przebieg prądu magnesującego w stanie nieustalonym dla poszczególnych faz. Prąd magnesujący może osiągnąć wartość ustaloną dopiero po pewnym czasie, a więc np. po wyłączeniu zwarcia przez przyrząd badany.

Powyższe zjawisko niestateczności zera może być niekiedy niekorzystne zarówno ze względu na warunki próby, jak i warunki pomiaru napięć, i wymaga niekiedy stosowania odpowiednich stabilizujących układów R, C włączanych pomiędzy fazy a ziemię.

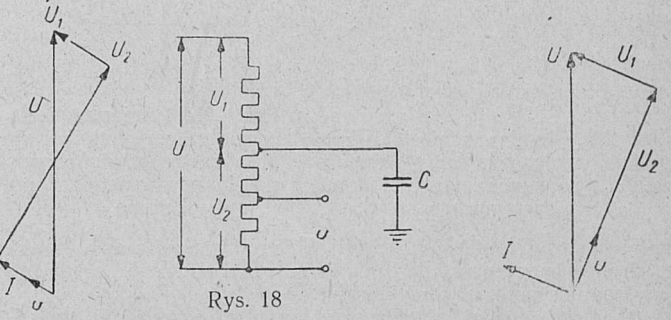
Metoda pomiaru przy zastosowaniu oporników i dzielników oporowych. Przy pomiarze napięć

przy zastosowaniu pętliczek można stosować zarówno oporniki dodatkowe, jak i opornościowe dzielniki napięcia, jak to przedstawiają rys. 16a i 16b.

Pierwszy z tych układów może być stosowany zasadniczo przy niskim napięciu, gdyż ze względu na możliwość spalania pętliczki zacisk wejściowy oscylografu i kabelek doprowadzający znalazłyby się pod pełnym napięciem szyn. Układ ten stosowany przy niskim napięciu jest dość praktyczny, gdyż umożliwia stosowanie pętliczek o dużej częstotliwości drgań własnych, czyli zgodnie z rozdz. 1 odtwarzających wiernie przebieg napięcia powrotnego na szynach układu. Ze względu na ograniczony zakres częstotliwości typowych pętliczek nie uwzględnia się zniekształcającego wpływu pojemności i indukcyjności przewodu doprowadzającego do oscylografu przy wyższych częstotliwościach, jak i ewentualnych odbić falowych napięcia o dużej stromości w wyniku niedopasowania oporności falowej dzielnika do oporności falowej przewodu doprowadzającego wraz z pętliczką.

Układ według rys. 16b, tj. właściwy dzielnik napięcia przy bezpośrednim przyłączeniu pętliczki, wymaga doprowadzenia dość dużego prądu z układu szyn dla uzyskania odpowiedniego spadku napięcia na zaciskach pętliczki wobec dość dużego poboru przez nią prądu przy stosunkowo niskiej oporności wewnętrznej. Warunek ten bywa często nie do przyjęcia z tego względu, że oporności nawet rzędu 500 Ω/V obocznie do przerwy łukowej przyrządu badanego powodują niekiedy znaczne tłumienie drgań wyrównawczych napięcia powrotnego przez sprowadzanie wszelkich ładunków do ziemi. Z powyższego względu korzystniej jest stosować dzielniki wysokooporowe, przy czym spadek napięcia z dzielnika zdejmuje się na opór rzędu 1 $M\Omega$ zastosowanego jako opór wstępny liniowego wzmacniacza mocy zasilającego pętliczkę.

Przy pomiarze napięć przy zastosowaniu oscylografu katodowego stosuje się układ dzielnika napięcia według rys. 17. Ze względu na dużą czułość oscylografu katodowego i wierność odtwarzania przez niego przebiegów napięcia należy dbać o to, żeby łączna pojemność przewodów doprowadzających wraz z płytkami była możliwie mała. Przy spełnieniu powyższego warunku uzyskuje się możliwie małą zależność przekładni dzielnika (tj. $\frac{R_2}{R_1(1 + j \tan \delta) + R_2}$, gdzie $\tan \delta = R_2 \omega C$) od często-



ści mierzonej. W przeciwnym przypadku niższe częstotliwości napięcia powrotnego byłyby akcentowane, a wyższe tłumione w przebiegu odtwarzanym przez oscylograf. Przy jednoczesnym spełnieniu warunku, żeby stała czasu powyższego obwodu,

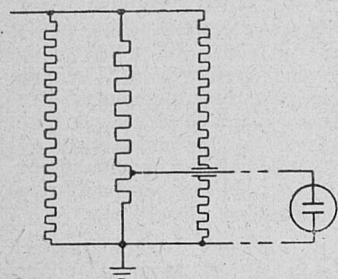
tj. $\frac{R_1 R_2 C}{R_1 + R_2}$, była możliwie mała unika się łagodzenia stromości i zmniejszania wartości szczytowej napięcia na płytkach w porównaniu z przebiegiem napięcia na zaciskach dzielnika.

Ze stosowaniem w takim układzie dzielników wysokooporowych wiąże się oprócz wpływu wartości oporności na stałą czasu jeszcze dodatkowe trudności. Po pierwsze, jak wspomniano wyżej, zwiększa się skłonność układu do wahań punktu zerowego, a po drugie przy wysokooporowych dzielnikach, zwłaszcza przy wysokim napięciu, zaczynają poważną rolę odgrywać pojemności poszczególnych części dzielnika względem ziemi i wzajemne. Zobrazowanie powyższego wpływu na zmianę fazy przedstawia rys. 18, gdzie U jest napięciem na zaciskach dzielnika, a u napięciem na płytkach oscylografu.

Wpływ tych pojemności ma różny charakter z punktu widzenia znaku błędu zdejmowanego napięcia fazowego i niekiedy błąd ten można skompensować przez dobór odpowiednich wartości dodatkowych pojemności. Pojemności te ponadto zwiększają błąd przekładni dzielnika, przy czym błąd zwiększa się wraz z częstotliwością mierzonego napięcia. Przy bardzo stromych przebiegach napięcia pojemności wzajemne i względem ziemi są

przyczyną ponadto nieliniowego rozkładu napięcia wzdłuż dzielnika, co powoduje niekiedy spłaszczenie stromości przebiegu i zmniejszenie jego wartości szczytowej na płytkach oscylografu.

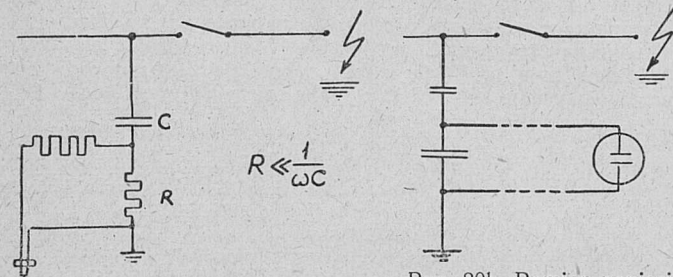
Z powyższych względów stosuje się specjalne układy, kompensujące przede wszystkim wpływ pojemności dzielników względem ziemi. Stosowane są specjalne ekrany wymuszające odpowiedni rozkład pola elektrycznego z zewnątrz dzielnika lub układy opornikowe, z których typowy jest podany na rys. 19.



Rys. 19. „Bezpojemnościowy” układ opornościowego dzielnika napięcia

Tu właściwy dzielnik napięcia umieszczony jest w rurze izolacyjnej pokrytej na zewnątrz emulsją półprzewodzącą, będącą pod napięciem. Rozkład napięcia na powierzchni rury jest taki sam, jak wzdłuż właściwego dzielnika napięcia, wskutek czego prądy pojemnościowe nie mogą płynąć do ziemi z poszczególnych części dzielnika.

Z powyższego wynika, że opornościowe dzielniki napięcia stosowane przy próbach zwarciovych — przy wymaganiu dużej wierności odtwarzania przebiegu napięcia powrotnego przez oscylograf katodowy — winny być możliwie bezpojemnościowe, bezindukcyjne, o nie zmieniającej się wartości oporności w funkcji temperatury, wartości, znaku i częstotliwości mierzonego napięcia oraz o stosunkowo małych wymiarach liniowych opor-

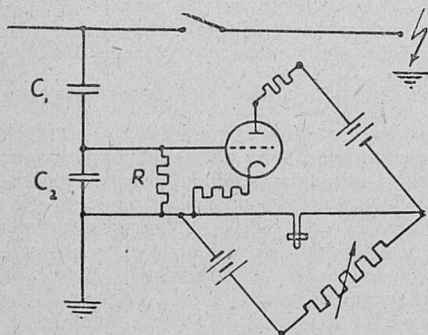


Rys. 20a. Pomiar napięcia oscylografem pętlicowym przy zastosowaniu pojemnościowego układu sprzęgowego

Rys. 20b. Pomiar napięcia oscylografem katodowym przy zastosowaniu pojemnościowego dzielnika napięcia

ności w stosunku do długości fali przy najwyższej częstotliwości napięcia powrotnego, dla uniknięcia opóźnienia się przebiegu napięcia na płytkach oscylografu.

Metoda pomiaru przy zastosowaniu dzielników pojemnościowych. Przy pomiarze napięć przy



Rys. 21. Pojemnościowy dzielnik napięcia ze wzmacniaczem umożliwiającym pomiar oscylografem pętlicowym

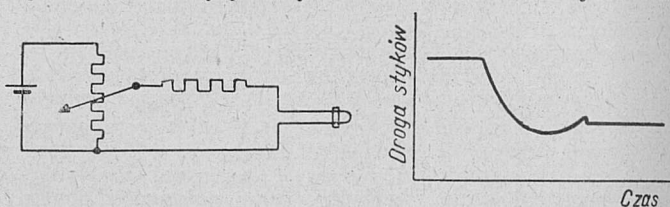
zastosowaniu pojemności rozróżnia się dwa typowe układy, a mianowicie sprzęgowy układ pojemnościowy (rys. 20a) i właściwy pojemnościowy dzielnik napięcia (rys. 20b). Pierwszy z tych układów znajduje zastosowanie przy pomiarze napięć zmiennych w stanie ustalonym przy pomocy pętliczek, woltomierzy lub oscylografu katodowego. W układzie tym występuje zależność spadku napięcia na oporności R zarówno od wartości napięcia, jak i jego częstotliwości, gdyż wartość prądu płynącego przez posobny układ R, C zależy od częstotliwości działa-

jącego napięcia w sposób nieliniowy. Na podobnej zasadzie oparte jest działanie różnych obocznie-posobnych układów R, C , które przy odpowiednio dobranych parametrach pozwalają uzyskać różne przebiegi przekładni dzielnika w funkcji częstotliwości, jak np. liniowy praktycznie wzrost przekładni w pewnym zakresie częstotliwości i stałość jej w innym zakresie częstotliwości. Układy tego rodzaju stosuje się czasem do „wychwytywania” pewnych częstotliwości przy pomiarze napięć przy próbach zwarciovych. W przypadkach jednak, kiedy zależy na wiernej rejestracji przebiegu napięcia powrotnego w dość dużym zakresie częstotliwości, układy tego rodzaju mają ograniczone zastosowanie.

Z powyższych względów do pomiarów napięcia powrotnego, zwłaszcza przy wysokim napięciu, stosowane są układy analogiczne do układu z rys. 20b. Dzielniki pojemnościowe tego rodzaju przy wykonaniu bezindukcyjnym i bezopornościowym są dokładne, praktyczne i o stałej wartości przekładni w dużym zakresie częstotliwości z napięciem stałym włącznie.

Dzielniki powyższe nadają się do pomiaru napięć zarówno przy zastosowaniu oscylografu katodowego w układzie według rys. 20b, jak i przy zastosowaniu pętliczek w układzie z liniowym wzmacniaczem mocy według rys. 21.

W pojemnościowym dzielniku napięcia przy zastosowaniu pętliczek wymagana jest duża stała czasu RC_2 , tak, aby przebiegi napięcia stałego na zaciskach dzielnika były możliwie wiernie odtwarzane przez przebieg napięcia na pojemności C_2 . Wartość oporności R należy poza tym dobierać możliwie dużą w stosun-



Rys. 22. Ideowy układ do oscylografowania drogi styków wraz z typowym oscylogramem

ku do $1/\omega C_2$ dla najniższego zakresu częstotliwości tak, aby uchyb przekładni i uchyb kątowy były możliwie małe nawet przy najniższej częstotliwości. Układ powyższy nadaje się zasadniczo również do bezpośrednich pomiarów napięcia przy pomocy pętliczek, jednak w takim przypadku pętliczka bezpośrednio przyłączana do C_2 winna mieć stosunkowo dużą oporność, wysoką czułość prądową i dużą częstotliwość drgań własnych, co jest na ogół trudne do osiągnięcia. Ze względu na wspomniane wyżej warunki wymaga to ponadto stosowania kondensatorów o bardzo dużej pojemności.

W pojemnościowym dzielniku napięcia przy zastosowaniu oscylografu katodowego wobec dużej wierności odtwarzania przez niego przebiegów napięcia należy dbać o to, żeby pojemność kabelka doprowadzającego i płytek była możliwie mała, aby przy dużych częstotliwościach nie występowało opóźnienie i zniekształcenie przebiegu napięcia na płytkach w porównaniu z napięciem na zaciskach dzielnika. Dla uniknięcia łagodzenia stromości i zmniejszania wartości szczytowej mierzonych przebiegów napięcia należy dbać również o to, żeby pojemność górnej okładziny kondensatora C_1 względem ziemi była możliwie mała. Użykuje się to przez odpowiednie ekranowanie dzielnika lub przez stosowanie w kondensatorze C_1 dielektryków o dużej stałej dielektrycznej tak, by pojemność kondensatora C_1 była stosunkowo duża przy małej powierzchni okładzin.

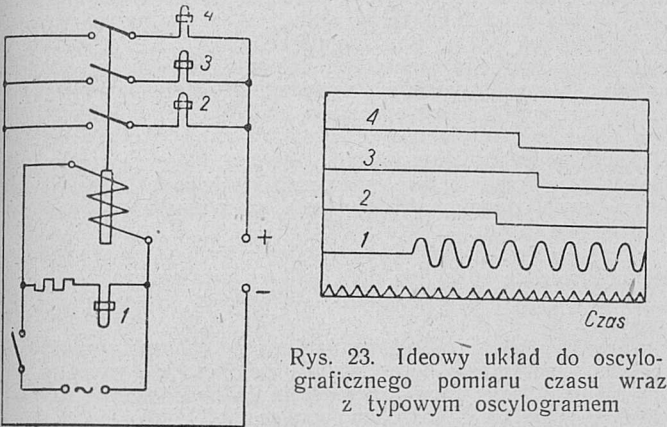
Dla uzyskania stałości przekładni dzielnika w funkcji częstotliwości należy stosować poza tym kondensatory o dielektrykach nie zmieniających swych własności przy różnych częstotliwościach oraz podobny rodzaj budowy kondensatorów C_1 i C_2 . W przypadku, gdy np. kondensator C_1 jest typu talerzowego, a kondensator C_2 zwijany styroflexowy, może przy dużych częstotliwościach wystąpić zjawisko wypierania prądu z wnętrza zwiniętych elektrod kondensatora C_2 bliżej jego powierzchni zewnętrznej. Zjawisko powyższe, analogiczne do zjawiska naskórkowości, powoduje zmniejszenie efektywnej powierzchni kondensatora, czyli prowadzi do zmniejszenia jego pojemności, co w wyniku jest przyczyną zmiany przekładni dzielnika przy dużych częstotliwościach i może doprowadzić do przebiecia kondensatora C_2 względnie kabla doprowadzającego do oscylografu.

Układy pojemnościowych dzielników napięcia wykonane przy uwzględnieniu wszystkich powyższych postulatów są dokładnym urządzeniem pomiarowym, pozwalającym na wierne odtwarzanie stromych przebiegów napięcia powrotnego, stanowiącym ponad-

to tak znikome obciążenie dla obwodu mierzonego, że wpływ ich na częstotliwość i tłumienie drgań własnych obwodu zwarcia może być pominięty.

4. Oscylograficzne pomiary różnych wielkości nieelektrycznych istotnych dla analizy badanego przyrządu.

Dla dokonania pełniejszej analizy badanego przyrządu przy próbach zwarciovych niezbędne jest niekiedy rejestrowanie zmian różnych wielkości nieelektrycznych podczas procesu wyłączania w badanym przyrządzie. Na przykład dla uzyskania możliwie jasnego obrazu wyłączania zwarcia przez wyłącznik

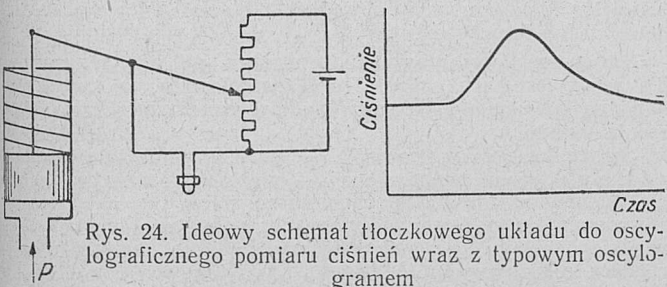


Rys. 23. Ideowy układ do oscylograficznego pomiaru czasu wraz z typowym oscylogramem

powietrzny wysokiego napięcia niezbędna jest znajomość przebiegu ciśnienia w funkcji położenia styków, szybkości styków i chwili włączania w obwód łuku opornika gaszącego.

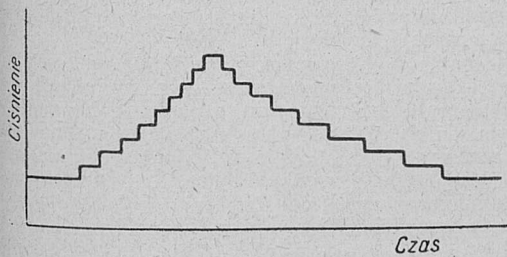
Istnieje wiele układów, umożliwiających rejestrację rozmaitych wielkości nieelektrycznych, na drodze elektrycznej, z których omówimy jedynie najczęściej spotykane.

Do zarejestrowania przebiegu drogi styków stosuje się zwykle potencjometr liniowy napędzany przez układ styków przyrządu badanego, przy czym zdejmowane z suwaka napięcie sta-

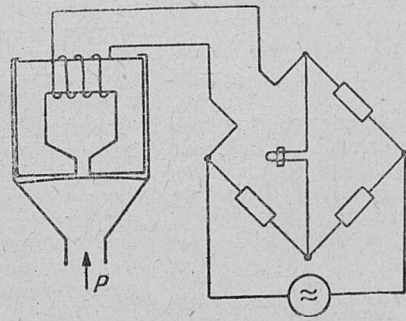


Rys. 24. Ideowy schemat tłoczkowego układu do oscylograficznego pomiaru ciśnienia wraz z typowym oscylogramem

nowi wskaźnik położenia styków. Przedstawia to wraz z typowym oscylogramem przebiegu rys. 22. W układzie takim należy dbać o to, żeby oporność dodatkowa połączona posobnie z pętliczką była dostatecznie duża w porównaniu z opornością potencjometru dla uzyskania liniowej zależności napięcia od położenia suwaka. Należy dbać również o to, żeby droga katowa napędzającej potencjometr części wyłącznika odpowiadała drodze styków wyłącznika. Jeżeli ze względu na skomplikowany układ dźwigni napędu nie jest to możliwe, należy potencjometr odpowiednio prze-



Rys. 25



Rys. 26. Ideowy schemat modulatoryjnego układu do oscylograficznego pomiaru ciśnienia wraz z typowym oscylogramem

skalować. Na oscylogramach tego rodzaju stromość przebiegu drogi styków jest jednocześnie miarą szybkości styków.

Szybkość styków można oscylografować również bezpośrednio przez sprzężenie odpowiedniej części napędu wyłącznika (przez przekładnię) z prądniczką tachometryczną, której chwi-

lowa wartość napięcia jest funkcją szybkości styków po odpowiednim przeskalowaniu.

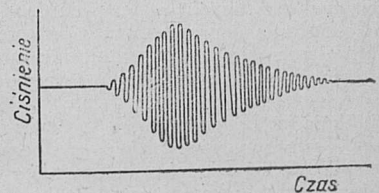
Niekiedy istotny jest pomiar czasów współdziałania różnych elementów przyrządu badanego. W takim przypadku oscylografuje się przebieg impulsów niewielkiego napięcia stałego, włączanego lub wyłączanego przez styki pomocnicze zwierane bądź rozwierane przez różne współdziałające ze sobą części układu ruchomego, przy jednoczesnym rejestrowaniu wzorcowego napięcia zmiennego, czyli tzw. podstawy czasu. Typowy układ pomiarowy i oscylogram pomiaru czasu rozwierania się styków trzech faz wyłącznika po zadziałaniu cewki wybijakowej przedstawia rys. 23.

W przypadku konieczności pomiaru nagrzewania się różnych części przyrządu podczas próby zwarciovwej stosuje się zwykle termoożniwa przy rejestrowaniu przebiegu ich napięcia przez pętliczkę.

Do pomiaru przebiegu ciśnienia w komorach, względnie zbiornikach wyłączników podczas prób zwarciovych stosuje się różne układy, z których omówimy częściej spotykane. Jedno z rozwiązań tego rodzaju z typowym oscylogramem przedstawia rys. 24. W układzie tym zmiany ciśnienia powodują ruch tłoczka indykatorowego, który za pośrednictwem odpowiednich dźwigni przestawia suwak potencjometru. W ten sposób przebieg napięcia zdejmowanego z suwaka i rejestrowanego przez pętliczkę odpowiada przebiegowi ciśnienia w cylindrze indykatora. W układach tego rodzaju należy zwracać uwagę na to, żeby masa tłoczka i układu dźwigni była możliwie mała, a więc żeby uniknąć opóźnień i zniekształceń przebiegu ciśnienia rejestrowanego przez pętliczkę wskutek wpływu bezwładności układu ruchomego indykatora. Z tego względu w indykatorach stosowanych przy próbach zwarciovych stosuje się często sprężyste tłoczki np. z blachy fosforobrazowej. Należy również zwracać uwagę na rodzaj i kształt przewodu doprowadzającego ciśnienie z badanego przyrządu do indykatora, gdyż np. rura gumowa powoduje wskutek swej elastyczności zmniejszenie prędkości fali ciśnienia tzn. opóźnienie przebiegu ciśnienia rejestrowanego w porównaniu z przebiegiem w badanym przyrządzie. Podobnie wszelkie złącza i przepusty wskutek wprowadzania dławienia mogą mieć wpływ na zniekształcenie mierzonego przebiegu ciśnienia.

Spotykane są rozwiązania, w których układ ruchomy indykatora porusza nie suwak potencjometru, lecz odpowiedni przełącznik zaczeów opornika. W układzie takim uzyskuje się na oscylogramie, jak na rys. 25, „schodkowy” przebieg ciśnienia, przy czym przyrząd można w ten sposób zbudować i wyskalować, że jeden „schodek” będzie odpowiadał zmianie ciśnienia np. o 1 atmosferę. Układ taki umożliwia bezpośrednie odczytywanie na oscylogramach wartości ciśnienia dla odpowiednich punktów drogi styków.

Inny typowy układ do rejestracji ciśnienia wraz z charakterystycznym oscylogramem przedstawia rys. 26. Tu membrana stalowa, ulegając odkształceniu pod wpływem ciśnienia, zmienia szczelinę elektromagnesu zasilanego ze źródła o częstotliwości akustycznej, powodując przez to zmianę indukcyjności cewki. W stanie początkowym, gdy ciśnienie pod membraną jest równe ciśnieniu atmosferycznemu, mostek jest w stanie równowagi i przez pętliczkę prąd nie płynie. W miarę zmian ciśnie-



nia równowaga mostka ulega zakłóceniu i przez pętliczkę zaczyna płynąć prąd o częstotliwości akustycznej, którego amplituda jest modulowana w takt zmian ciśnienia. Układy tego rodzaju są bardzo czułe na zmiany ciśnienia i dzięki znikomej bezwładności membrany pozwalają na wierne rejestrowanie przebie-

gu ciśnienia. Wymagają one jednak stosowania specjalnych materiałów na rdzenie elektromagnesu i precyzyjnego równoważenia mostka.

Do pomiarów ciśnienia stosuje się również mikrofony węglowe, jednak — ze względu na zmienność w czasie charakterystyki układów i konieczności wzmacniania prądu przed zasileniem nim przetłaczki — znajdują one zastosowanie ograniczone.

Pomiar momentów dynamicznych układów ruchomych przyrządów rozdzielczych jest dość kłopotliwy ze względu na niewielkie drogi katowe poszczególnych części napędu. Najczęściej stosowane są układy, w których masa metalowa o odpowiednio dobranej bezwładności sprzęga się elastycznie, np. za pomocą pręta stalowego, z obracającą się częścią napędu wyłącznika. Zmiany kąta skręcenia pręta podczas pracy napędu są miarą wywieranego momentu dynamicznego. Zmiany te wykorzystuje się następnie do zmieniania np. szczeliny elektromagnesu celem umożliwienia zakłócenia równowagi odpowiedniego mostka i zarejestrowania przebiegu przez przetłaczki. Inne układy tego rodzaju wykorzystują zjawisko piezoelektryczne; tu zmiany momentu powodują zmiany docisku wywieranego na płytkę piezokwarcu, umożliwiając po odpowiednim wzmocnieniu zarejestrowanie przez przetłaczki napięcia, zmieniającego się w takt zmian momentu.

Niekiedy wylania się konieczność rejestracji większej liczby różnych przebiegów niż na to pozwala rozporządzalna liczba przetłaczek. W takich przypadkach, zwłaszcza przy rejestracji przebiegów drugorzędnych, należy stosować różne układy złożone, które przy odpowiednim opracowaniu schematu obwodów pomiarowo-sterowniczych pozwalają na rejestrację przez jedną przetłaczki dwóch i więcej przebiegów. Odbywać się to może np. przez przełączanie przetłaczki w trakcie próby zwarciowej z jednego obwodu mierzonego na drugi przez samoczynny sterownik programowy sterujący przebiegiem próby, albo przez jednocześnie nakładanie w obwodach przetłaczek prądów stałych, zmiennych i krótkotrwałych impulsów o charakterystycznym kształcie itd., itd.

Na omówienie zasługują jeszcze dwa przykłady specjalnych zastosowań układów oscylograficznych przy pomiarze wielkości elektrycznych.

Na ogół na typowym oscylogramie przebiegu napięcia podczas zwarcia spadek napięcia na łuku, zwłaszcza przy próbach na wysokim napięciu, ma nieporównanie mniejszą wartość niż wartość napięcia powrotnego czy w stanie ustalonym. Jeżeli konieczna jest znajomość w dostatecznej skali przebiegu napięcia łuku, bez narażania przetłaczki na uszkodzenie przy występowaniu napięcia w stanie ustalonym, stosuje się układy dzielników oporowych, w których obocznie do przetłaczki włącza się dwupółkowy prostownik, najczęściej kuprytowy. Nieliniowa charakterystyka zmian oporności prostownika w funkcji doprowadzonego napięcia powoduje zmniejszanie się przekładni dzielnika począwszy od pewnych wartości tego napięcia tak, że w wyniku przebiegu napięcia łuku jest zaakcentowany przy jednoczesnym zmniejszeniu skali napięcia w stanie ustalonym.

W specjalnych zagadnieniach związanych z próbami zwarcioowymi istnieje niekiedy konieczność określenia mocy łuku. W takim przypadku stosuje się metodę graficzną obliczania chwilowych wartości mocy z przebiegów prądu i napięcia łuku albo specjalne przetłaczki watomierzowe, w których wychylenie promienia świetlnego przez lustro jest proporcjonalne do iloczynu dwóch prądów.

Przy doprowadzaniu wszelkich przebiegów mierzonych do zacisków oscylografu należy bardzo zwracać uwagę na sposób okablowania doprowadzeń dla uniknięcia zjawisk tzw. przesłuchu, które polegają na odkształcaniu przebiegów mierzonych przez różne inne przebiegi wywołane oddziaływaniem sąsiadujących obwodów pomiarowych, sterowniczych i silnopiędowych. Dla uniknięcia takich zjawisk przebiegi mierzone doprowadza się do zacisków oscylografu przy pomocy przewodów skręconych, kabelków koncentrycznych oraz przy zastosowaniu różnych sposobów ekranowania przed oddziaływaniem pól elektrycznych i magnetycznych.

5. Zakończenie.

Powyższy przegląd różnych — najbardziej typowych — układów pomiaru wielkości elektrycznych i nieelektrycznych przy zastosowaniu oscylografów przetłaczkowych i katodowych podczas prób zwarciowych nie wyczerpuje, oczywiście, całości zagadnienia. Pokrótko omówiono wyżej również niektóre trudności związane z uzyskiwaniem wiernego przebiegu wielkości mierzonych, wpływ pewnych ubocznych czynników, wynikających ze szcze-

gólnych warunków prób, na dokładność wyników oraz zarys sposobów eliminowania tych wpływów.

W sprawie doboru najwłaściwszej metody pomiaru poszczególnych wielkości w zależności od warunków próby trudno jest podać jakieś ogólne i wyłączone rozwiązania wobec konieczności uwzględnienia różnego wpływu wielu czynników. Na ogół jednak przy pomiarze wielkich prądów zmiennych niskiego napięcia ekonomiczniejsze jest stosowanie boczników niż przekładników prądowych ze względu na zbyt duże wymiary tych ostatnich. Przy pomiarach prądu zwarciowego na wysokim napięciu stosowane są częściej przekładniki prądowe niż boczniki, przede wszystkim ze względu na korzystniejsze warunki bezpieczeństwa pracy. Przy pomiarze niskich napięć praktyczniej jest stosować opornościowe dzielniki napięcia ze względu na stosunkowo niewielkie ich wymiary, łatwość wykonania i niewielki wpływ ubocznych czynników na ich dokładność przy niskim napięciu. Przy pomiarze wysokich napięć korzystniej jest stosować pojemnościowe dzielniki napięcia, które są często trudniejsze do wykonania, lecz odznaczają się dużą dokładnością przy nieznanym stopniu oddziaływania na warunki próby w obwodzie mierzonym.

Przy pomiarach wielkości nieelektrycznych — ze względu na ich drugorzędne znaczenie przy próbach zwarciowych — należy dobrać raczej proste układy o łatwiejszych do wykonania elementach.

Metodyka wykonywania pomiarów przy próbach zwarciowych nie jest, rzecz prosta, wyczerpana i zakończona i wymaga dalszych badań teoretyczno-doświadczalnych nad doбором najwłaściwszych układów i sposobów pomiaru.

Doświadczenie nasze w tej dziedzinie jest raczej ubogie, a wobec stosunkowo małej ilości odpowiednich materiałów w literaturze technicznej niezbędne są studia na własnym terenie (zainteresowane katedry, zakłady politechniczne, Instytut Elektrotechniki).

W obecnym stanie Instytut Elektrotechniki wykonywa badania nad wytycznymi projektowania nieodkształcających boczników do pomiaru prądów rzędu kilkudziesięciu kiloamperów oraz sposobu adaptacji krajowych rozwiązań przekładników prądowych do nieodkształcającego pomiaru prądów rzędu kilkudziesięciu kiloamperów w obwodach o dużej stałej czasu składowej jednokierunkowej.

Stosowane dotychczas metody pomiaru, np. przebiegu ciśnienia w wyłącznikach podczas prób zwarciowych, są raczej prymitywne i wymagają szeregu studiów zmierzających do ulepszenia układu.

Szczegółowego opracowania — przy współudziale specjalistów z elektrowni przemysłowej — wymaga również zagadnienie budowy nieodkształcających wzmacniaczy liniowych w zastosowaniu do przetłaczek oscylograficznych, zagadnienie odpowiedniego układu do pomiaru momentów dynamicznych w przyrządach rozdzielczych itd., itd.

Zarówno prace obecnie prowadzone, jak i wszelkie prace w przyszłości, znajdują niewątpliwie cenne oparcie doświadczalne w laboratorium niskich napięć Instytutu Elektrotechniki.

Wobec wzrastającego zrozumienia znaczenia badań oscylograficznych w różnych gałęziach techniki i wobec stosunkowo niewielkiej liczby rozporządzalnych oscylografów — różnych i często przestarzałych typów, bez części wymiennych — należy rozważyć możliwość uruchomienia produkcji oscylografów np. na podstawie dokumentacji technicznej nowoczesnego uniwersalnego oscylografu radzieckiego typu МП02. Produkcja tego rodzaju zaspokoiłaby potrzeby nie tylko laboratoriów przemysłowych, lecz również bieżących prób eksploatacyjnych, pracowni w szkołach technicznych itp.

Szczególna technika pomiarów oscylograficznych i umiejętność stosowania różnych specjalnych układów pomiarowych wymaga swoistej kultury technicznej, winna przeto być uwzględniona w szerszym niż dotychczas zakresie w programie nauczania średnich i wyższych kadr technicznych jako kierunek specjalizacyjny dla zaspokojenia naszych potrzeb w zakresie wykwalifikowanych sił fachowych i umożliwienia szybszego postępu technicznego w rozwoju przemysłowym państwa.

LITERATURA

- Burianow B. P. Magnitoelektriceskij oscilograf, Gosenergoizdat, 1952, Moskwa
 Camilli G. A. Survey of Bushing-Type Current Transformers for Metering Purposes, Transactions of the AIEE, 1950, str. 429
 Kalinin E. W. Parametry jomkostnowo dielitiela, Elektrichestwo, 1949, 8, str. 45
 Nazarov C. A. Nieiskazajuszczij dielitel impulsnych napriazienij, Elektrichestwo, 1948, 8, str. 28
 Pfuntner R. A. The Accuracy of Current Transformers Adjacent to High-Current Busses, Transactions of the AIEE, 1951, str. 1656

LIPSKI TADEUSZ
Zakład Wysokich Napięć
Politechniki Gdańskiej

Badania nad stykami silnoprądowymi

621.3.066.6.001.4:621.3.022

Treść. Metoda pomiaru małych spadków napięcia na stykach przy przepływie prądu zmiennego. Dane statystyczne co do oporności styków głównych i całego bieguna wyłączników ATK-400. Wyniki prób grzania jako kryterium oporności całego bieguna łącznika. Wyniki prób styków z różnych materiałów. Wnioski.

Исследование сильноточных контактов. Метод измерения малого падения напряжения в контактах при прохождении переменного тока. Статистические данные относительно переходного сопротивления главных контактов и полного полюса в выключателях ATK-400. Результаты испытаний на нагревание, как критерий для оценки сопротивления целого полюса выключателя. Результаты испытаний 1- и 5-секундного термического сопротивления, как критерий электрического переходного сопротивления контактов. Оценка полученных результатов. Испытание 1-секундной выносливости контактов из различных материалов. Заключение.

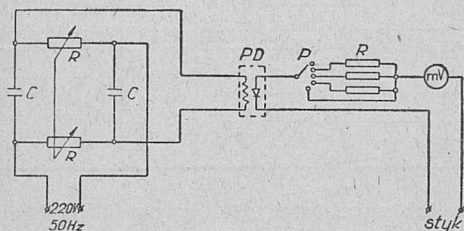
Research over heavy current contacts. The method of measuring small voltage drops occurring on the contacts during the passage of alternating current. Statistical data as to the resistance of the main contacts and the entire pole of ATK-400 circuit-breakers. Results of heating experiments, as the criterion of resistance of the entire pole of the switch. Results of 1- and 5-second thermal endurance tests as a criterion of the resistance of contacts. Analysis of results obtained. One-second thermal endurance test of contacts made of various materials. Conclusions.

1. Wstęp.

Styki są najbardziej narażone na uszkodzenia od ciepłego działania prądu. Skonstruowanie dobrego styku, przez który przepływa długotrwały prąd, sprowadza się głównie do spełnienia następujących wymagań [1]:

a) Oporność styku powinna być nie większa od oporności przewodnika odpowiedniego przekroju o długości połączenia stykowego: $R_s \leq R_p$.

b) Temperatura nagrzania styku prądem znamionowym nie powinna przekraczać temperatury nagrzania przewodnika odpowiedniego przekroju o długości połączenia stykowego: $t_s \leq t_p$.



Rys. 1. Układ do pomiaru spadku napięcia

C — kondensatory 0,1 μ F
R — oporniki 0,1 M Ω
PD — prostownik drgający
P — przełącznik zakresów
R — oporniki zakresowe
mV — miliwoltomierz magnetoелектрический

Niżej będzie rozpatrzone zagadnienie spełnienia tych wymagań na kilku konstrukcjach.

Ponadto konstrukcja styku musi być rozpatrzona z punktu widzenia wytrzymałości cieplnej zwracowej (1-, 5-sekundowej).

w tej dziedzinie wskazówek, jakie obliczenia należy wykonać przy próbach wyrobu łącznika, ażeby zagwarantować wytrzymałość cieplną. Nie wiadomo, co jest z wytrzymałością cieplną przy eksploatacji łącznika.

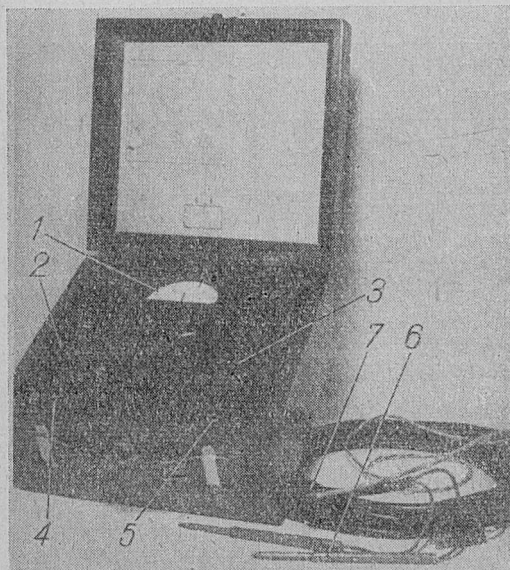
W pracy podjęto próbę naświetlenia tych zagadnień i innych z nim związanych. Pominięto natomiast sprawę pracy styków przerywających łuk.

2. Przyrząd do kontroli styków.

Zebrało dane statystyczne oporności styków głównych i oporności całego bieguna wyłączników ATK-400, które są produkowane w kraju. W tym celu opracowano metodę bieżącej kontroli oporności styków [2, 3, 4].

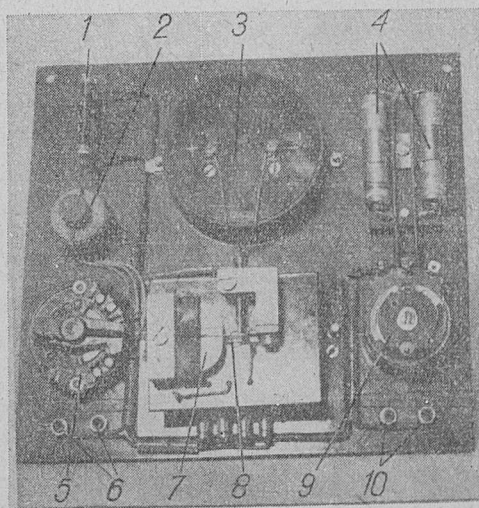
W proponowanej metodzie wprowadzono pomiar spadku napięcia na stykach, przez które przepływa prąd zmienny. Spadek napięcia mierzy się za pomocą miliwoltomierza magnetoелектрического z prostownikiem drgającym. Prostownik drgający odznacza się małą opornością w kierunku przewodzenia. Działanie i możliwości zastosowania prostownika drgającego są opisane w obszernej literaturze [6, 7, 8, 9, 10]. Na rys. 1 podano schemat proponowanej metody. Rys. 2 i 3 przedstawiają przyrząd oparty na omówionej zasadzie. Celem uzyskania zgodności fazy działania prostownika z fazą mierzonego spadku napięcia zastosowano przesuwnik fazowy w układzie mostkowym z elementów R i C [11]. Oporniki R są regulowane jednocześnie (na wspólnej osi). Przyrząd mierzy wartość średnią wyprostowanego spadku napięcia. Jest on jednak wycechowany w wartościach skutecznych.

Przyrząd wykonany z krajowych elementów seryjnej produkcji zapewnia 3–4-procentową dokładność. Możliwość osiągnięcia większej dokładności jest ograniczona głównie trudnością



Rys. 2. Przyrząd do kontroli styków

1 — wskaźnik
2 — gałka przesuwnika fazowego
3 — przełącznik zakresów
4 — zaciski „220 V”
5 — zaciski „styk”
6 — sondy pomiarowe
7 — cewka pomiarowa



Rys. 3. Przyrząd do kontroli styków (widok wnętrza)

1 — opornik szeregowy
2 — oporniki zakresowe
3 — wskaźnik
4 — kondensatory na 0,1 μ F
5 — przełącznik zakresów
6 — zaciski „styk”
7 — elektromagnes wzbudający
8 — drgająca sprężyna ze stykiem
9 — regulowane oporniki przesuwnika (2x0,1 M Ω)
10 — zaciski „220 V”

Zagadnienie to nie jest dotychczas opracowane wyczerpująco. Nie wiadomo, jaki jest mechanizm spiekania się styków w próbach 1- lub 5-sekundowej wytrzymałości cieplnej. Brak jest

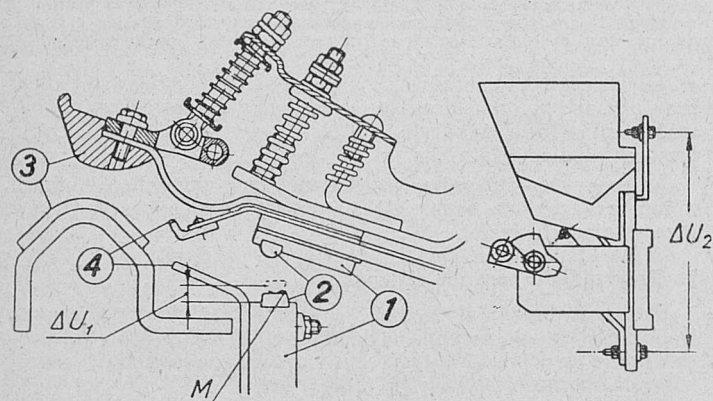
dobrania jednakowych kondensatorów oraz zmiennych oporników R o jednakowej zależności oporności od kąta ustawienia suwaka. Dlatego wielkość napięcia wyjścia z przesuwnika jest

zależna od przesunięcia fazowego, a działanie prostownika zależy od wielkości napięcia zasilającego wzbudzenie. Wskazana dokładność jest wystarczająca do kontroli w fabrycznych stacjach prób. Chodzi przecież o wyjaśnienie, czy oporność nie jest większa od dozwolonej.

Przyrząd może mieć również zastosowanie do pomiaru natężenia zmiennego pola magnetycznego [4, 12, 13], jeżeli użyć zamiast sond wycechowanej cewki pomiarowej.

3. Wyniki statystyczne.

Badania statystyczne wykonano na wyłączniku ATK-400 na prąd znamionowy 400 A bez wyzwalaczy cieplnych. Rys. 4



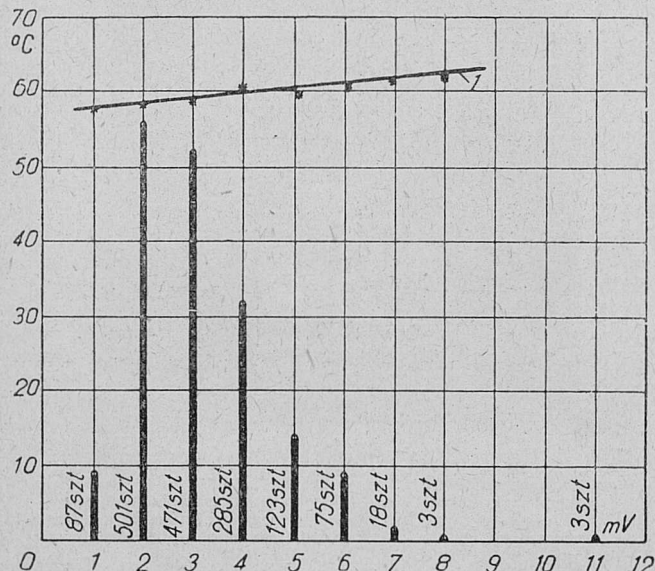
Rys. 4. Wyłącznik ATK-400 (skala 1:3)

1 — styki główne
2 — wkłady srebrne (wymiar prostopadły do rysunku 1,5 mm)
3 — styki opalne
4 — styki pośrednie
 ΔU_1 — spadek napięcia na stykach
 ΔU_2 — spadek napięcia na całym biegunie
M — miejsce pomiaru temperatury

przedstawia szkic bieguna wyłącznika ATK-400 oraz miejsca pomiaru. Ogółem wykonano pomiary na 1566 biegunach. Opracowując wyniki przyjęto następujące uproszczenia: spadek napięcia na stykach zaokrąglono do najbliższej wartości całych miliwoltów; spadek napięcia na całym biegunie zaokrąglono do najbliższej wartości stanowiącej wielokrotność 10 mV. Pomiary wykonano przy prądzie 400 A. Wyniki podano w formie słupków na rys. 5 i 6.

Okazało się, że spadki napięcia większości badanych wyłączników są w granicach od 1 do 6 mV, co odpowiada opornościom od 2,5 do 15 $\mu\Omega$, a spadki napięcia na całym biegunie w granicach od ok. 15 do 80 mV, co odpowiada opornościom od 37,5 do 200 $\mu\Omega$.

Wyłącznik ATK-400 ma również styki opalne i pośrednie, które są włączone równolegle do głównych, zmierzona więc war-



Rys. 5. Wyniki statystyczne pomiarów spadku napięcia na stykach głównych wyłącznika ATK-400 przy prądzie 400 A

1 — zależność doświadczalna grzania styku głównego od spadku napięcia na nim przy prądzie 400 A

tość na całym biegunie daje wypadkową oporność styków głównego, pośredniego i opalnego. Ponieważ oporność styków pomocniczego i opalnego jest od 10 do 60 razy większa od styku głównego (jak to wykazały pomiary), więc dla ułatwienia kontroli fabrycznej zgodzono się na pomiar oporności trzech gałęzi równoległych.

W tabl. I zamieszczono kilka charakterystycznych wyników otrzymanych przy pomiarach statystycznych. Z tabeli widać, że przy tej samej oporności styków głównych oporności całego bieguna mogą się bardzo różnić oraz że przy tej samej oporności całego bieguna oporności styków głównych mogą również bardzo się różnić. Otrzymane wyniki tłumaczą się tym, że biegun wyłącznika ATK-400 składa się poza stykami głównymi również z oporności dwóch śrubowych połączeń stykowych, oporności dwóch odcinków szyn i folii (przejście podatne) oraz oporności klocków stykowych.

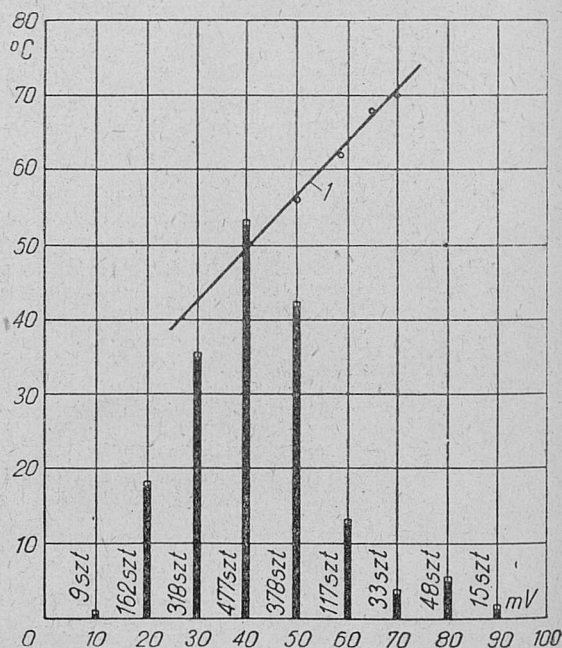
Tablica I. Charakterystyczne wyniki pomiarów statystycznych spadku napięcia

Nr fabryczny ATK — 400	Styk główny			Cały biegun		
	1	2	3	1	2	3
25881	2	1	1,5	74	72	76
50589	2	1	2	24	16	24
67665	1	1	1	40	38	40
50125	5	4	7	30	16	24
50031	11	2,5	7	33	31	36
50706	4	4	7	56	40	75

Zbadanie tak znacznego rozrzutu produkcyjnego oporności styków głównych i całego bieguna pozwala wskazać następujące przyczyny powstawania tego zjawiska:

1) znaczny rozrzut charakterystyk sprężyn, spowodowany niejednorodnością materiału na sprężyny oraz niedotrzymaniem tolerancji;

2) konstrukcja wyłącznika umożliwia pewną dowolność w ustawieniu styku nieruchomego na opiekanych prętach metalowych; miejsce zestyku wobec tego może się zmieniać, a przez to może się zmieniać w pewnych granicach docisk;



Rys. 6. Wyniki statystyczne pomiarów spadku napięcia na całym biegunie wyłącznika ATK-400 przy prądzie 400 A

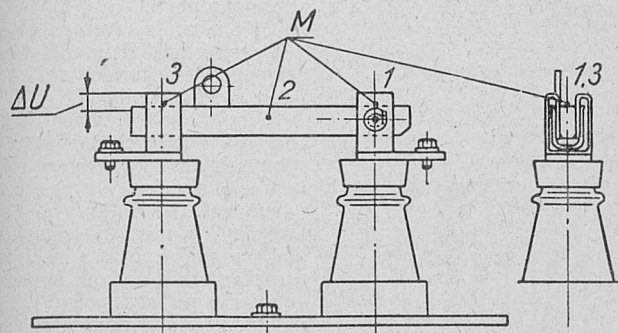
1 — zależność doświadczalna grzania styku głównego od spadku napięcia na całym biegunie przy prądzie 400 A

3) różnice w wymiarach części ustroju przewodzącego, a zwłaszcza styków, mogą powodować większy lub mniejszy docisk, a więc — co z tym się wiąże — i roboczy docisk styków;

4) śrubowe połączenia stykowe pomiędzy przejściem podatnym z pakietu folii i szyną dopływu oraz stykiem głównym mają oporność zmieniającą się w dość szerokich granicach, zależnie od stopnia dokręcenia i dobroci oblutowania cyną końcówki folii;

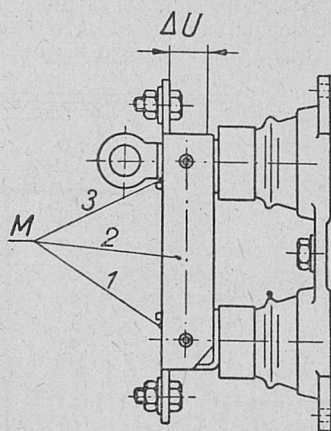
5) szyna dopływu i odpływu wykonana z odlewu mosiężnego, który może zawierać pęcherze powietrzne.

Warstewki tlenków, które mogłyby powodować również dodatkowy rozrzut produkcyjny oporności styków głównych, w tym wypadku nie wchodzi w rachubę wobec znacznych docisków (ok. 25 kg na jeden styk) oraz stosowania srebrnych wkładek na styki główne.



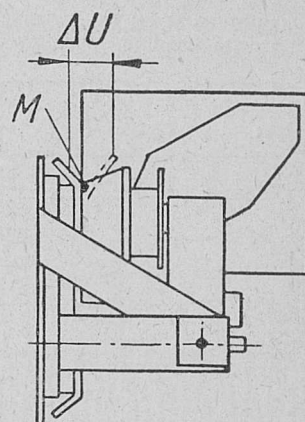
Rys. 7a. Odłącznik na 3 kV, 200 A — pomiar temperatury

ΔU — spadek napięcia na styku przy prądzie 200 A
M — miejsce pomiaru temperatury



Rys. 7b. Odłącznik na 1 kV, 400 A, typ OW 1 A 1/4 — pomiar temperatury

ΔU — spadek napięcia na styku przy prądzie 400 A
M — miejsce pomiaru temperatury

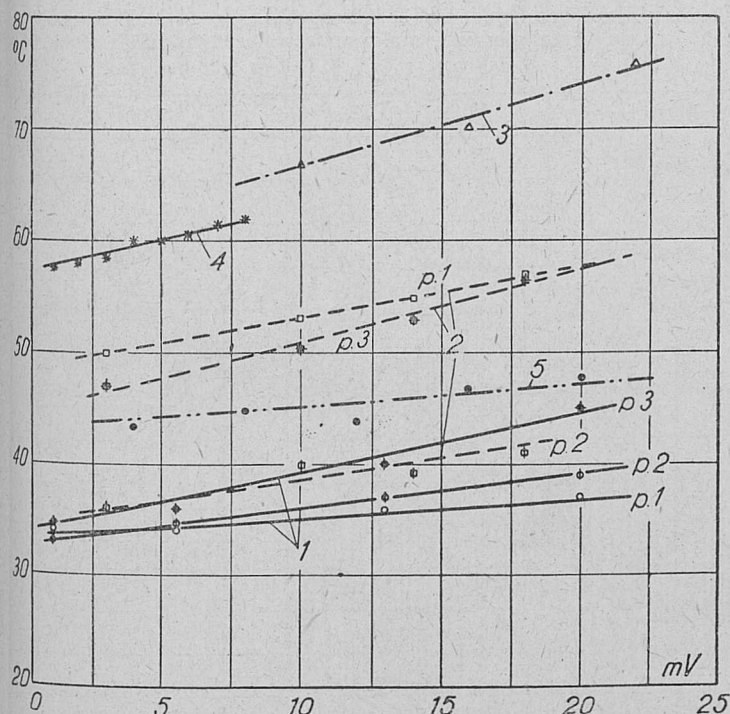


Rys. 7c. Stycznik N 107-III-100 A — pomiar temperatury styków

ΔU — spadek napięcia na stykach przy prądzie 100 A
M — miejsce pomiaru temperatury

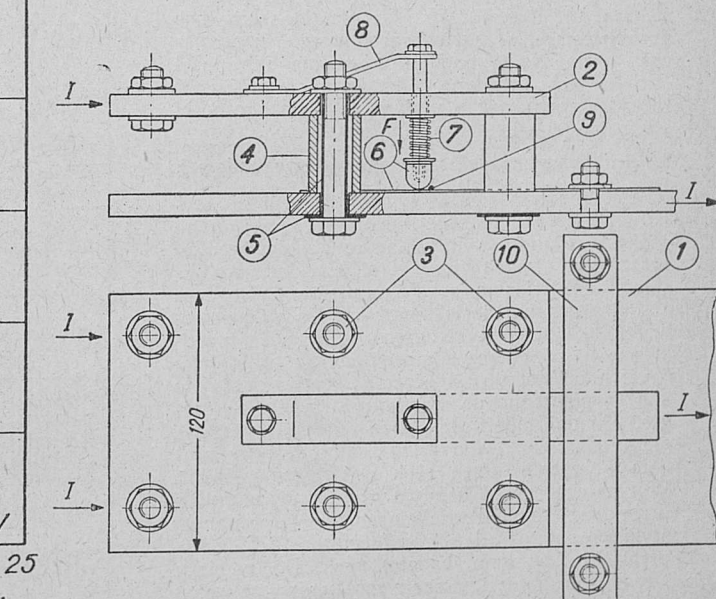
4. Grzanie prądem długotrwałym.

Wykonano próby grzania prądem znamionowym zależnie od oporności styków i całego bieguna. Próbom poddano dwa wyłączniki ATK-400 (sześć biegunów) bezpośrednio po wyprodu-



Rys. 8. Ustalona temperatura nagrzewania styku zależnie od spadku napięcia na nim przy prądzie znamionowym

1 — styki odłącznika na 3 kV, 200 A; temperatura otoczenia 20°C, p.1, p.2 i p.3 — punkty pomiaru temperatury zgodnie z rys. 7a.
2 — styki odłącznika na 1 kV, 400 A, typ OW1A1/4; temperatura otoczenia 21°C (p.1, p.2 i p.3 — punkty pomiaru temperatury zgodnie z rys. 7b).
3 — styki stycznika N 107-III-100 A, temperatura otoczenia 21°C
4 — styki główne wyłącznika ATK-400, temperatura otoczenia 18°C
5 — styki modelowe na 50 A (według rys. 9), temperatura otoczenia 20°C



Rys. 9. Modelowy układ styków

1 — szyna układu wieloprądowego, 5 — rurka i podkładka izolacyjna Cu, 120 mm x 10 mm, 6 — badane styki, 7 — sprężyna, 8 — przejście podatne, 9 — miejsce pomiaru temperatury, 10 — uchwyt mocujący dolny styk

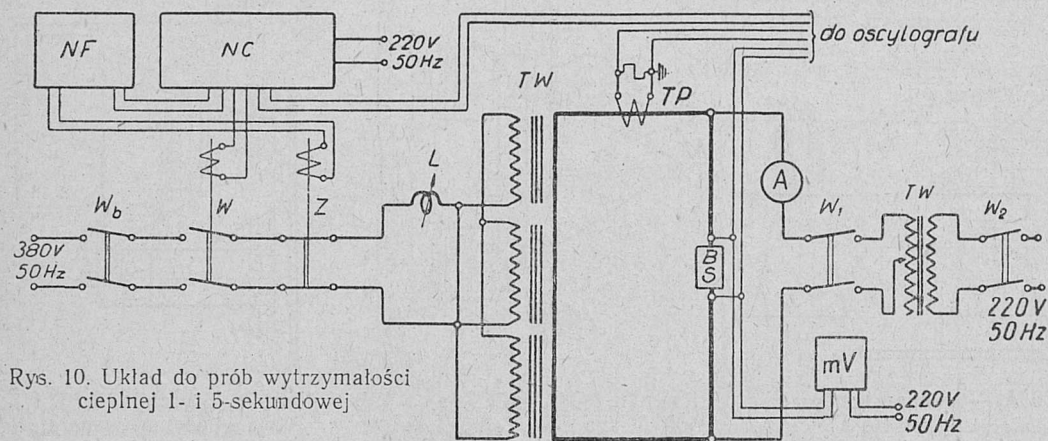
Celem wyjaśnienia wpływu oporności styków na temperaturę nagrzania przy prądzie długotrwałym wykonano pomiary na jednym biegunie, zmieniając oporność styku głównego. Dla uzyskania większych oporności całego bieguna zmniejszano docisk pomiędzy przejściem podatnym i szyną dopływu. Temperatura otoczenia przy tych próbach wynosiła 20°C. Otrzymane wyniki podano w formie wykresów na rys. 5 i 6. Wykresy wskazują ustalone temperatury nagrzania styku głównego.

Tablica II. Wyniki pomiaru nagrzewania styków

Nr bieg.	1	2	3	4	5	6
Spadek (mV)	4	4	2	1	4	3
$\Delta t^{\circ}\text{C}$	46	41	41	44	40	46

Z krzywej nagrzewania na rys. 5 wnioskujemy o małym wpływie oporności styku głównego wyłącznika ATK-400 na jego ustaloną temperaturę.

Z krzywej nagrzewania na rys. 6 wnioskujemy, że ustalona temperatura styku jest w znacznym stopniu zależna od oporności całego biegu. Widzimy zatem, że oporność całego biegu-



Rys. 10. Układ do prób wytrzymałości cieplnej 1- i 5-sekundowej

Wb — wyłącznik bezpieczeństwa TW — transformatory wielko-
 W, W₁, W₂ — wyłączniki prądowe mV — miliwoltomierz z prostownikiem
 Z — załącznik TP — transformator pomiarowy NC — nastawnik fazowy
 L — dławik regulowany BS — badany styk NF — nastawnik czasowy

na musi być taka, aby ustalone temperatury części przewodzących prąd łącznika nie przekraczały wartości dopuszczalnych.

Wykonane próby dowodzą, że w łączniku, którego zestyk biegurów znajduje się w pobliżu masywnych części, zmiany ustalonej temperatury nagrzania przy zmianach oporności styku są niewielkie wskutek łagodzącego wpływu tych masywnych części.

Podobne próby przeprowadzono na innych łącznikach oraz na styku modelowym, którego użyto w dalszych próbach zwarciovych (ob. niżej rys. 9). Rys. 7a, 7b i 7c podają szkice badanych aparatów ze wskazaniem miejsc pomiarów, a na rys. 8 podano wykresne zależności otrzymanych wyników. Otrzymane wyniki potwierdzają wniosek o małym wpływie oporności styku na jego ustaloną temperaturę.

5. Próby wytrzymałości cieplnej 1-sekundowej.

Celem wyjaśnienia wpływu oporności styków na wytrzymałość 1-sekundową wykonano próby na modelowym układzie styków według rys. 9*). Układem tym był styk wyłącznika niskiego napięcia na prąd znamionowy 50 A ze znamionowanym dociskiem 2 kg. Do prób stosowano miedziane styki odlenione. Rys. 10 przedstawia układ połączeń stosowany do prób. Jako kryterium stopnia spiekania styków przyjęto siłę F_2 potrzebną do rozerwania styków po próbie. Pomiar oporności początkowej wykonano przyrządem, omówionym w rozdz. 2, przy prądzie płynącym przez styk o natężeniu 50 A. W tym celu przed każdym pomiarem oporności przerywano obwód wielkoprądowy (z badanym stykiem), aby prąd z transformatora TW₂ przepływał tylko przez badany styk. Do pomiaru siły stosowano dynamometr sprężynowy ze wskazówką wleczoną. Siłę F_2 otrzymano, jako różnicę wskazania dynamometru i siły F_1 (docisk wstępny).

Na rys. 11 podano zależność siły F_2 od wielkości prądu 1-sekundowego dla różnych docisków wstępnych F_1 . Podano jedynie te pomiary, w których po zmontowaniu nowego styku uzyskano tę samą oporność początkową. Z wykresów wypływają ważne wnioski.

1) Pomiary wytrzymałości 1-sekundowej wykazały znaczny rozrzut. Przyczyny tego mogły być następujące: a) choć każdy pomiar był wykonany przy tej samej sile i oporności (spadku napięcia), jednak liczba i wymiary przewężeń były każdorazowo inne; b) przy omówionym sposobie rejestracji siły wskazówka wleczona przy różnych prędkościach naciągania dynamometru różnie przeskakiwała moment, przy którym następowało oderwanie się styków.

2) Siła F_2 zwiększa się ze wzrostem prądu 1-sekundowego przy $F_1 = \text{const}$ ($U = \text{const}$); wzrost ten jest szybszy od proporcjonalnego.

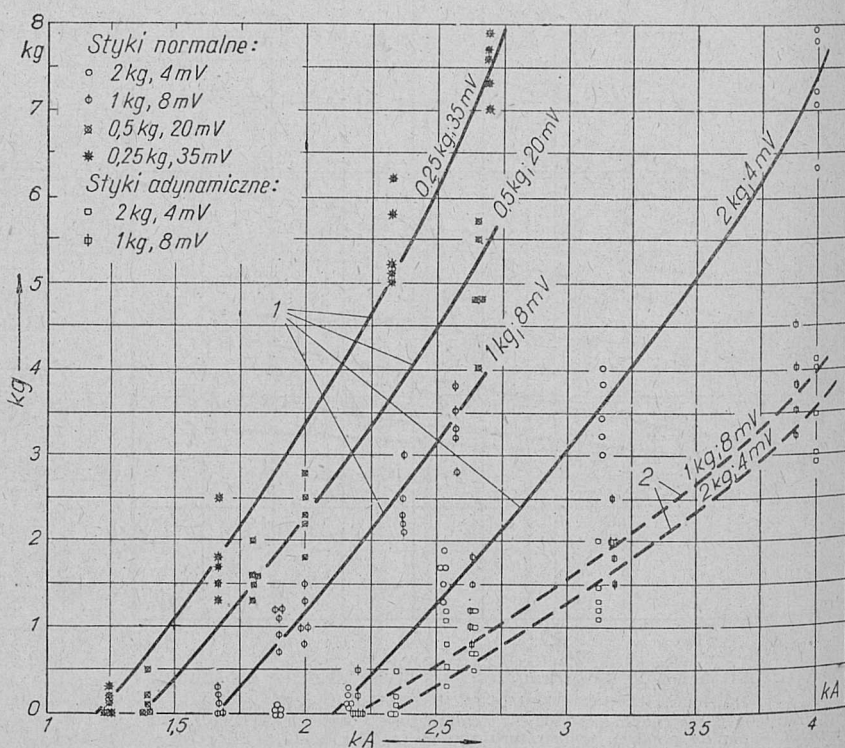
3) Dla mniejszych $F_1 = \text{const}$ ($U = \text{const}$) działanie takiego samego 1-sekundowego prądu daje większe siły F_2 .

Otrzymane krzywe odcinają na osi odciętych wielkości odpowiadające początkowi spiekania się styków. Na rys. 12 podano zależność (krzywa 1) pomiędzy prądem 1-sekundowym odpowiadającym początkowi spiekania się styków i spadkiem napięcia na styku (mV).

Rys. 13—17 podają kilka typowych oscylogramów otrzymanych przy próbach wytrzymałości 1-sekundowej.

Prąd ze składową bezokresową (rys. 13). Po odskoku, który nastąpił przy prądzie udarowym, obserwujemy lekką zmianę oporności styku, spowodowaną zmianą oporności właściwej materiału stykowego. Po wyłączeniu prądu stwierdzono, że styki nie spiekły się. Prawdopodobnie ilość ciepła, która wydzielala się przy odskoku, była za mała do spiekania styków.

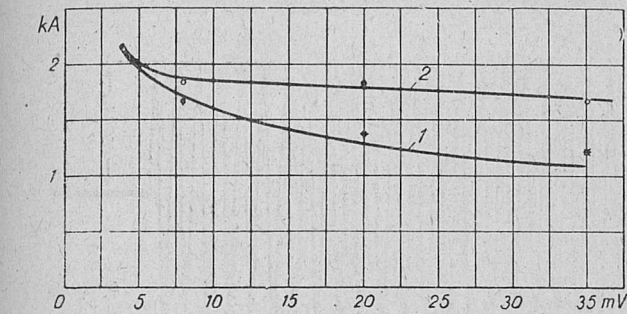
Prąd bez składowej bezokresowej (rys. 14). Przy przejściu prądu przez pierwsze maksimum widoczny odskok styku. Wy-

Rys. 11. Zależność siły F_2 (kg) do oderwania styków od 1-sekundowego prądu I (kA) przy stałym docisku początkowym

1 — styki „normalne” 2 — styki „dynamiczne”

*) Wykonanie prób zwarciovych na stykach wyłącznika ATK-400 wymaga mocniejszego źródła niż dysponowane.

dzielona przy tym ilość ciepła wystarczała do spiekania styków. Na oscylogramie obserwujemy mały spadek napięcia na stykach. Po ok. 0,42 s nastąpiło zniszczenie spieczonego mostka



Rys. 12. Wytrzymałość cieplna 1-sekundowa
1 – przy różnych dociskach początkowych
2 – przy stałym docisku początkowym i przy zmiennej oporności

stykowego. Proces niszczenia był dość złożony. W tym okresie spieczony mostek nagrzewał się tracąc własności wytrzymałościowe, z drugiej natomiast strony siły dynamiczne dopomagały naruszeniu mostka. Po rozerwaniu mostka metalowego

to prawdopodobnie na skutek działania większych sił dynamicznych (większe prądy).

W odróżnieniu od przebiegów na dwu poprzednich oscylogramach na rys. 16 widzimy silne zesparanie, które nastąpiło natychmiast po odskoku styku ruchomego.

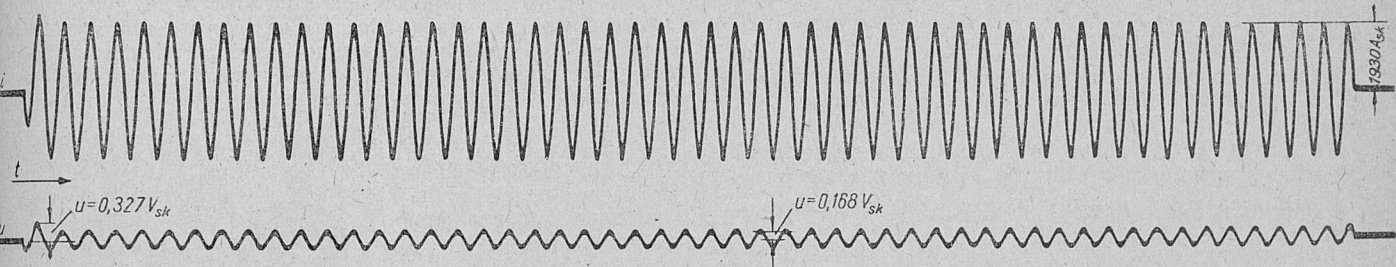
Oscylogram na rys. 17 przedstawia procesy zmiany oporności (krzywa napięciowa) styku przy zwiększonej prędkości filmu.

Przeprowadzone próby pozwalają wysunąć szereg wniosków.

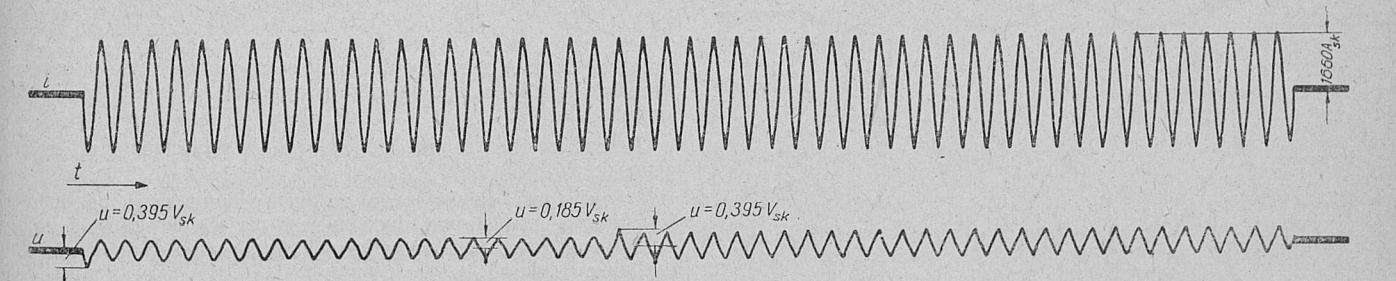
1. Proces spiekania styków przy próbie wytrzymałości cieplnej 1-sekundowej jest procesem złożonym. Zwykle otok nagrzewania obszaru przewężenia i klocka stykowego występują siły dynamiczne zwiększające oporność i przyspieszające proces spiekania styków.

2. Na skutek działania sił dynamicznych występują zmniejszenie siły docisku styków (rys. 13) oraz zapalenie się luku lub stany zbliżone (rys. 16 i 17). W przypadkach jak na rys. 16 i 17 obserwowano iskrzenia. Występujące przy tym ostrza napięciowe rejestrowano zawsze na wierzchołku prądu.

3. Ponieważ wytrzymałość cieplna 1-sekundowa jest wypadkową cieplnego i dynamicznego działania prądu, możliwe są następujące mechanizmy spiekania styków: a) pierwszy odskok



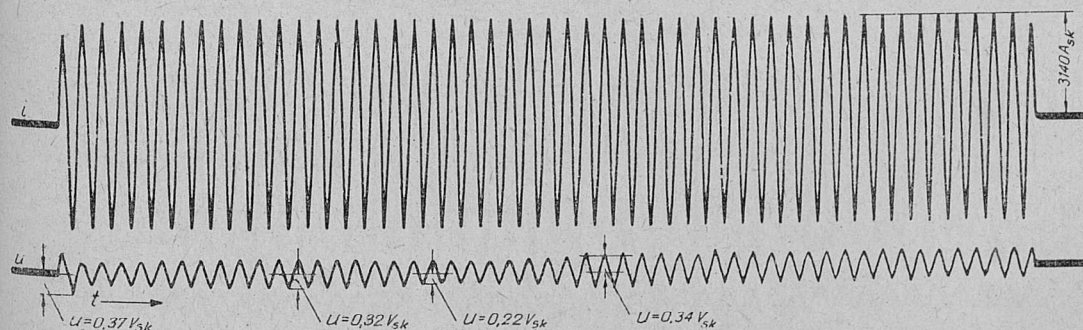
Rys. 13. Prąd ze składową bezokresową ($F_1 = 2 \text{ kg}, F_2 = 0$)



Rys. 14. Prąd bez składowej bezokresowej ($F_1 = 1 \text{ kg}, F_2 = 0,2 \text{ kg}$)

działanie dynamiczne prądu powodowało stałe zmiany oporności: nie doprowadzające jednak do ponownego spiekania, czego przyczyną mogło być to, że styk już był dostatecznie nagrany ciepłym działaniem prądu i nie dopuszczał do szybkiego oziębienia i krzepnięcia roztopionego mostka. Dopiero wyłączenie prądu powodowało spiekanie się styków.

powoduje spiekanie i następne działanie cieplne i dynamiczne prądu doprowadza do rozerwania spieczonego mostka; proces ten może się powtórzyć kilkakrotnie; dopiero po wyłączeniu prądu następuje trwałe spiekanie; b) pierwszy odskok jest tak znaczny, że spieczony mostek wytrzymuje przez pozostały okres próby działania cieplne i dynamiczne prądu.



Rys. 15. Wielokrotne spiekanie i rozrywanie się mostka ($F_1 = 2 \text{ kg}, F_2 = 1,9 \text{ kg}$)

Na rys. 15 zachowywanie się styków jest podobne do tego, jakie obserwowaliśmy na rys. 14, z tą jednak różnicą, że spiekania i rozrywania mostka następowały wielokrotnie. Nastąpiło

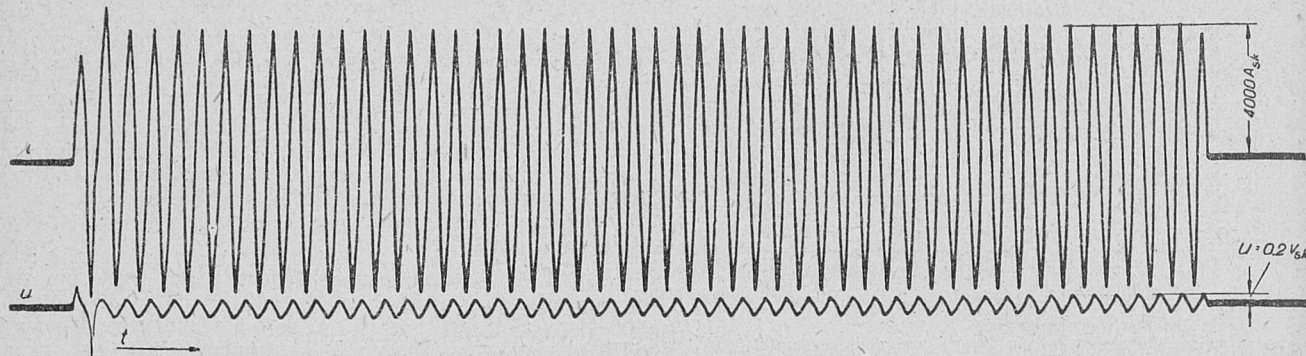
na wartość prądu, przy którym następuje spiekanie styków, zależy od docisku. Czas przepływu prądu w tej zależności nie występuje.

4. Stosując coraz wyższe prądy 1-sekundowe stwierdzamy, że od pewnej wartości otrzymujemy w wyniku spiekanie styków. Przy tym prądzie spiekanie styków występuje dla dowolnego momentu trwania próby po pierwszym odskoku.

5. Czas przepływu prądu decyduje głównie o liczbie powtarzających się procesów rozrywania obszaru spieczonego. Wynik ten potwierdza znaną zależność Butkiewicza [1], według której maksymal-

6. Porównanie styków o różnych odpornościach na działanie dynamiczne prądu.

Przeprowadzono próby porównawcze modelowego układu styków według rys. 9, gdzie docisk styków utrzymywała sprężyna.



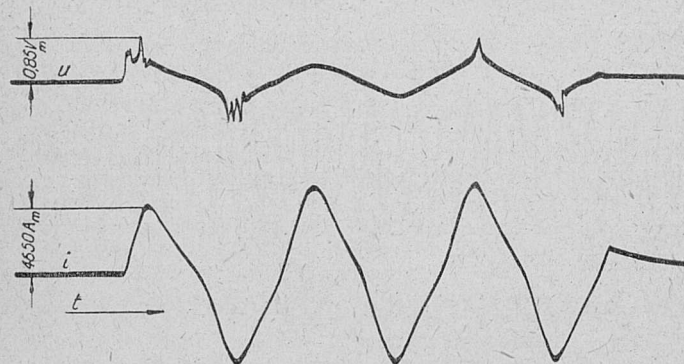
Rys. 16. Przypadek silnego zespawania ($F_1 = 2$ kg, $F_2 = 4$ kg)

żyna, z układem, w którym docisk utrzymywał ciężar. W tym celu w układzie z rys. 9 wymontowano sprężynę, a na styki ustawiano odpowiedni ciężar. W ostatnim układzie — przy tendencji występowania odskoków — bezwładność ciężaru przeciwdziała wzrostowi oporności styków.

Wyniki prób podano na rys. 11 (krzywe przerywane). Na rys. 18 pokazano wygląd styku, który przeszedł próbę 1-sekundową w układzie „adynamicznym” i „normalnym”.

Na rys. 19, 20 i 21 podano trzy oscylogramy wykonane dla styków „adynamicznych”. Widoczne są tutaj słabsze odskoki.

Z podanych wyżej wyników można wyciągnąć następujące wnioski:



Rys. 17. Zmiana oporności styku przy odskokach ($F_1 = 0,5$ kg, $F_2 = 5$ kg)

1) styki z dociskiem ciężaru („adynamiczne”) mają większą wytrzymałość cieplną 1-sekundową niż styki „normalne” (według rys. 9);

2) odskoki dla styków „adynamicznych” występowały przy prądach większych niż dla styków „normalnych”;

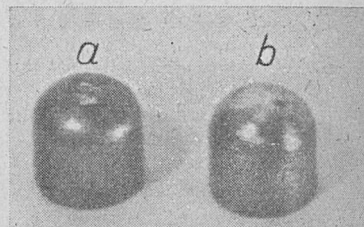
szych odskokach jest łącznikiem o mniejszej wytrzymałości cieplnej 1-sekundowej; oscylogramy na rys. 22 podają dla przykładu odskoki (krzywa napięciowa) styku „normalnego” i „adynamicznego”.

7. Wpływ oporności styków na wytrzymałość 1-sekundową przy stałym docisku.

Dla wyjaśnienia wpływu oporności styków na wytrzymałość 1-sekundową przy stałym docisku zanieczyszczano styki tlenkami. W ten sposób odtwarzano zjawisko utleniania styków z biegiem czasu. Następnie na zanieczyszczonych stykach wykonano próby wytrzymałości 1-sekundowej przy stałym docisku.

Rys. 18. Sytki poddane próbie w układzie adynamicznym i normalnym

a — styk „normalny”
 b — styk „adynamiczny”
 $I = 4$ kA $P_a = 7,8$ kg
 $t = 1$ sec $P_b = 4,1$ kg



Próby wykonano tak, aby dla pewnej oporności styków uzyskać początek spiekania się. Wyniki podano na wykresie (rys. 12, krzywa 2).

Przedstawione wyniki pozwalają wyciągnąć następujące wnioski:

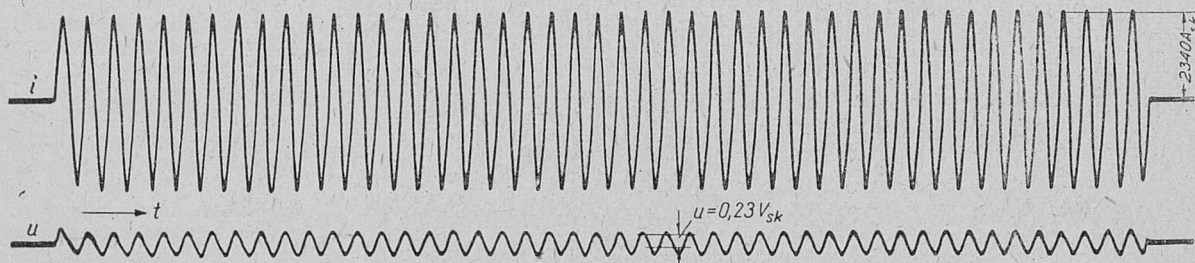
1) zależność spiekającego prądu 1-sekundowego od oporności styków przy stałym docisku jest mniej wyraźna od zależności tegoż prądu od początkowej siły docisku (oporności początkowej styków);

2) w eksploatacji zmiany oporności styków w czasie nie mają zbyt wielkiego wpływu na obniżenie wytrzymałości cieplnej 1-sekundowej.

8. Porównanie wytrzymałości cieplnej 1- i 5-sekundowej.

Próby porównawcze wytrzymałości cieplnej 1- i 5-sekundowej wykonano na modelowym układzie styków według rys. 9. Układ probierczy jak w rozdz. 5. Czas trwania prądu 5 sek. Docisk wstępny sprężyną 2 kg.

Wyniki prób podano na wykresie (rys. 23, krzywa 2). Dla



Rys. 19. Styk „adynamiczny” ($F_1 = 2$ kg, $F_2 = 0$)

3) aby odpowiedzieć na pytanie, którego łącznika styki są bardziej narażone na spiekanie się, wystarczy włączyć je na taki prąd, żeby powstały odskoki na stykach; łącznik o wię-

porównania umieszczono również zależność siły do oderwania od prądu 1-sekundowego dla docisku wstępnego 2 kg, otrzymaną w rozdz. 5.

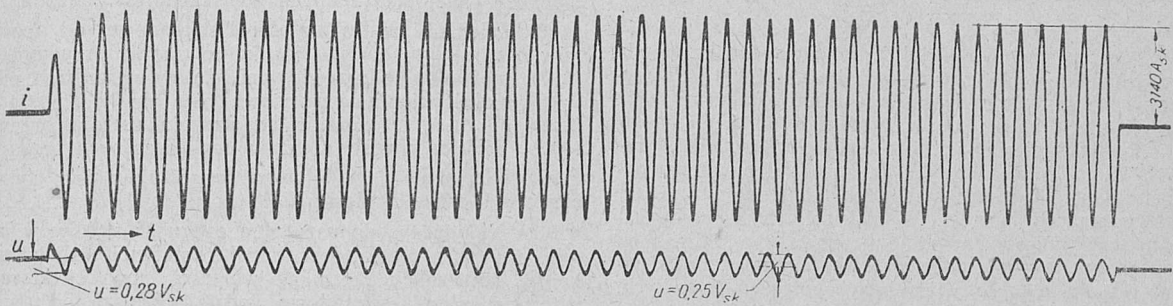
Wnioski z wykonanych prób:

1) prąd przy próbach wytrzymałości 5-sekundowej jest mniejszy o ~ 1,36 od prądu przy próbach wytrzymałości 1-sekundowej. Sprzeczność pomiędzy tym wnioskiem i wnioskami 4 i 5 w rozdz. 5 może być wytłumaczona tym, że już przy próbach

Jednak wzór ten uległ zmianie; zastąpiono go wzorem

(3)
$$R = R_t \left(2 - \frac{\Delta t_t}{40} \right)$$

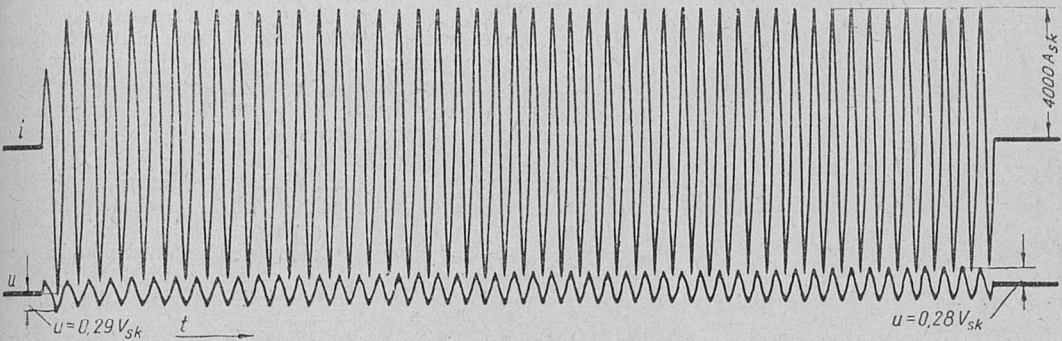
z górną dopuszczalną granicą 30% w myśl wzoru (1).



Rys. 20. Styk „adynamiczny“ ($F_1 = 2 \text{ kg}$, $F_2 = 1,3 \text{ kg}$)

5-sekundowych znaczny wpływ ma mechanizm cieplny spiekania styków (mniejszy wpływ odskoków);

2) ustalenie współczynnika przejścia od wytrzymałości 1- do 5-sekundowej wymaga wykonania prób dla każdego konkretnego rozwiązania.



Rys. 21. Styk „adynamiczny“ ($F_1 = 2 \text{ kg}$, $F_2 = 3,4 \text{ kg}$)

9. Rozbiór otrzymanych wyników.

Wykonane próby dowodzą, że oporność całego bieguna wyłącznika nie powinna przekraczać takiej wartości, aby ustalona temperatura nagrzania którejkolwiek z jego części nie przekroczyła wartości dopuszczalnych. Zależnie od oporności bieguna zmierzonej przy próbie typu (R_t) i od zmierzonego przy tym przyrostu temperatury (Δt_t), można ustalić dopuszczalną wartość oporności bieguna przy próbie wyrobu (R), przyjmując górną dopuszczalną przyrost temperatury (Δt). Ten sposób przyjęto w normie szwedzkiej SEN 31-1945 (15) na wyłączniki wysokiego napięcia. Według tej normy — aby nie przeprowadzać próby grzania na każdym wyłączniku — można poprzestać na zmierzeniu oporności każdego bieguna wyłącznika i porównać wynik z opornością bieguna w próbie typu. Oporność ta nie powinna przekraczać oporności stwierdzonej przy próbie typu o 30%:

(1)
$$R = 1,3 R_t.$$

Rys. 22. Styk „normalny“ (z lewej) i styk „adynamiczny“ (z prawej strony. $F = 2 \text{ kg}$)

Oczywiście, odchylanie to może być zwiększone, jeżeli ustalony przyrost temperatury w próbie typu będzie obniżony lub dopuszczalny przyrost temperatury będzie zwiększony. Wzór powyższy opiera się na wzorze teoretycznym:

2)
$$R = R_t \cdot \frac{40}{\Delta t_t}.$$

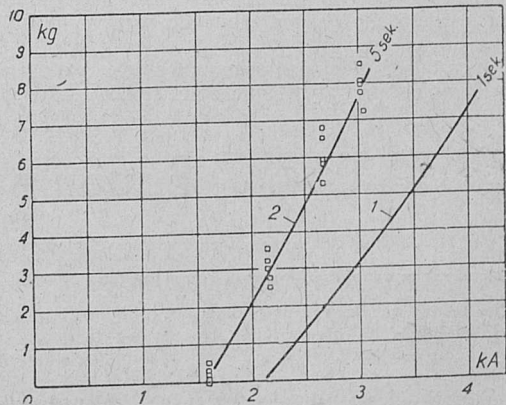
Wzór (3) jest ostrzejszy od wymagań wzoru (1). Wprowadzenie wzoru (3) do normy na wyłączniki wysokiego napięcia zamiast wzoru (1) mogło być spowodowane koniecznością ograniczenia zbyt wielkiego rozrzutu produkcyjnego oporności styków, albowiem w wyłącznikach wysokiego napięcia w oporności całego bieguna dominuje raczej oporność styków.

Natomiast dla wyłączników zawierających poza stykami szereg elementów, których oporność może dominować w oporności całego bieguna, należy stosować wzór (2), żeby zagwarantować prąd znamionowy.

Dodatkowo należy dokonać pomiaru oporności styków i dla zagwarantowania odpowiedniej wytrzymałości cieplnej zwarciowej stosować obliczenia według krzywych doświadczalnych dla danego typu.

10. Wytrzymałość cieplna 1-sekundowa styków z różnych materiałów.

Wykonano próby wytrzymałości cieplnej 1-sekundowej styków z różnych materiałów. Badano styki opalne wyłącznika ATK-400: styk ruchomy z miedzi, styk nieruchomy z mosiądzu.



Rys. 23. Porównanie wytrzymałości 1- i 5-sekundowej dla doisku początkowego 2 kg i spadku napięcia 4 mV przy prądzie 50 A

$$1 - F_2 = f(I_{1\text{sec}}) \quad 2 - F_2 = f(I_{5\text{sec}})$$

Próby wykazały, że nie występuje tutaj zjawisko spiekania się, które obserwowano w przypadku styków miedź—miedź. Zamiast spiekania się obserwowano przenoszenie mosiądku na styk miedziany, przy czym wielkość powierzchni styku miedzianego pokrytej mosiądkiem zależy od wielkości prądu 1-sekundowego.

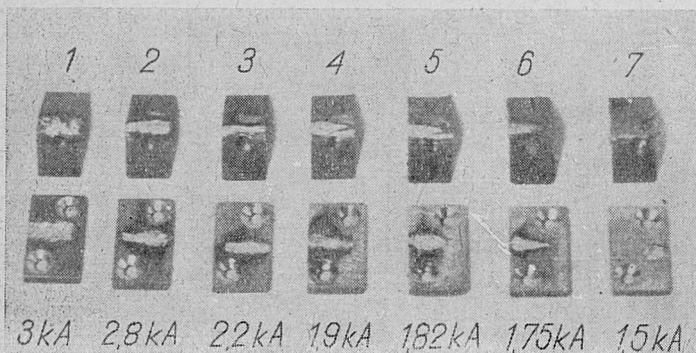
Na rys. 24 widzimy styki opalne wyłącznika ATK-400 po serii prób.

Metalizację styku miedzianego mosiądzem można tłumaczyć tym, że temperatura topnienia mosiądzu wynosi ok. 900°C, a miedzi 1038°C. Topniejący mosiądz ogranicza wzrost temperatury odbierając wydzielane ciepło na podtrzymanie procesu topnienia. Po próbie styki dają się rozłączać bez dodatkowej siły F_2 .

11. Wnioski.

1) Wykonane przy pomocy specjalnie zbudowanego przyrządu masowe próby spadku napięcia w wyłączniku ATK-400 dały wyniki ujęte w formie słupków. Większość wartości spadku napięcia na stykach głównych mieści się w granicach od 1 do 6 mV przy 400 A. Spadki napięcia na całym biegunie przypadają w granicach od ok. 15 do 75 mV przy 400 A. Przyrząd powyższy powinien być szeroko stosowany w biurach konstrukcyjnych zakładów wytwarzających łączniki. W instrukcjach technologicznych powinny być umieszczone dane liczbowe (w miliwoltach przy prądzie znamionowym), dotyczące wymaganej dobroci całego bieguna i styku, a także ważniejszych połączeń stykowych. Przyrząd ponadto umożliwia łatwą kontrolę konstrukcji ustroju gaszącego łuk łączników z dmuchaniem magnetycznym. W tym celu zamiast sond należy stosować wycechowaną cewkę pomiarową.

2) Badania statystyczne wykazały, że przy tej samej oporności styków głównych oporność całego bieguna może mieć zna-



Rys. 24. Styki opalne ATK-400 po serii prób wytrzymałości cieplnej 1-sekundowej

cznie różniące się wartości oraz że można uzyskać tę samą oporność całego bieguna pomimo znacznych różnic oporności styków głównych.

3) Próby grzania prądem długotrwałym wykazały nieznaczna zależność temperatury nagrzania styków od ich oporności. Natomiast temperatura nagrzania styków jest w znacznym stopniu zależna od oporności całego bieguna.

4) W próbach wytrzymałości cieplnej 1- lub 5-sekundowej styków modelowych (miedź-miedź) jako kryterium stopnia spiekania przyjęto siłę F_2 , potrzebną do rozerwania styków po wyłączeniu prądu.

5) Wytrzymałość cieplna 1-sekundowa jest procesem złożonym. Występujące przy tym spiekanie styków jest połączone

z występowaniem sił dynamicznych oraz zjawisk cieplnych w przewężeniu.

6) Styki, w których występują mniejsze odskoki podczas próby wytrzymałości cieplnej 1-sekundowej, wytrzymują bez spiekania większe prądy 1-sekundowe.

7) Zależność wytrzymałości 1-sekundowej od oporności styków uzyskanej przy różnych dociskach jest znaczna.

8) Zależność wytrzymałości 1-sekundowej od oporności styków przy stałym docisku jest mniejsza niż przy zmiennym docisku, można więc przewidywać, że w warunkach eksploatacji wytrzymałość cieplna zwarciowa niewiele będzie się zmieniać, jeżeli nie ulegnie zmianie konstrukcja ustroju przewodzącego i przy docisku pozostającym w dopuszczalnych granicach.

9) Dla styków modelowych porównywanie wytrzymałości cieplnej 1- i 5-sekundowej daje stosunek: $I_1/I_5 = 1,36$.

10) Największa dopuszczalna oporność styków w próbie robu nie może przekraczać takiej (ustalonej doświadczalnie dla każdej konstrukcji łącznika) wartości, powyżej której wytrzymałość cieplna 1-sekundowa będzie mniejsza od gwarantowanej. Przyjmuje się dodatkowo pewien zapas ze względu na zmianę oporności styków w czasie eksploatacji na skutek utleniania się, zużycia oraz zmiany charakterystyk sprężyn.

11) Jeżeli styki są wykonane z dwóch materiałów o różnych punktach topnienia, to w czasie prób wytrzymałości cieplnej 1-sekundowej występuje zjawisko metalizacji styku z materiału o większej temperaturze topnienia. W tych wypadkach nie potrzeba doprowadzać dodatkowej siły do rozerwania styków.

12. Zakończenie.

Przedstawione wyżej wyniki prac dotychczasowych bynajmniej nie wyczerpują zagadnienia styków łączników silnoprądowych. Niektóre z zagadnień postawionych na wstępie opracowano dość szczegółowo (badania statystyczne, prąd długotrwały), inne opracowano na modelach niewątpliwie odbiegających od warunków rzeczywistych.

Jednak z wykonanych już badań wynika cała złożoność zjawisk występujących w stykach łączników, a analiza ich umożliwiła wyciągnięcie wniosków praktycznych dla zakładów twórczych łączników. Obecnie należy podjąć dalsze badania na łącznikach produkowanych przez nasz przemysł, aby sprawdzić wyciągnięte w pracy wnioski. Należy również doświadczać nie opracować zależności wytrzymałości cieplnej dla różnych typów wyłączników.

LITERATURA

- [1] Babikow M. A. Elektriceskije aparaty, 1951
- [2] Sacharow P. W. Technologia elektroaparatostrojenja, 1950.
- [3] Tentative Method for Life Test of Electrical Contact Materials. The Book of Am. Soc. for Test. Mater. Standards, 1946
- [4] Golding E. W. Electrical Measurements and Measuring Instruments, 1948
- [5] Holm R. Die technische Physik der elektrischen Kontakte, 1941
- [6] Pfannmüller H. ATM, 1932, Z 540—1
- [7] Siemens u. Halske. ATM, 1937, V 3514—4
- [8] Siemens u. Halske. ATM, 1939, V 35192—4
- [9] Poleck H. ATM, 1942, V 3526—2
- [10] Grave H. P. Gleichrichter-Messtechnik, 1950
- [11] Nowicki W. Podstawy techniki przenoszenia prądu przewodowego, 1946
- [12] Thal W. ATM, 1934, J 60—2
- [13] Elektriceskije izmierjenja pod ried. Fremke, 1950.

MGR INŻ. STEFAN GRUDZIECKI
Zakład Wysokich Napięć Politechn. Gdańskiej

Badanie materiałów gazujących

621.316.932.001.41:621.315.5+542.71

Treść. Opisano kilka metod porównawczych badania zdolności gaszeniowej materiałów gazujących pod wpływem łuku elektrycznego.

Испытание газогенерирующих материалов. Описаны некоторые методы исследования дугогасительной способности изолирующих материалов.

The testing of gas-emitting materials. The article deals with a number of methods of testing the arc-breaking capacity of gas-emitting insulating materials.

1. Wstęp.

W niektórych aparatach elektrycznych, jak wyłączniki, odłączniki mocy, bezpieczniki, odgromniki wydmuchowe, stosuje się materiały izolacyjne gazujące w celu gaszenia łuku elektrycznego: dzięki wydmuchowi wydzielonych gazów przy dużym ciśnieniu następuje szybka dejonizacja przerwy łukowej. Materiały różnią się między sobą zdolnością gaszenia. Oprócz rodzaju powstałych gazów ważną rolę odgrywa ich ilość. Materiał jest tym lepszy, im więcej wydziela gazów i im szybciej rozkłada się. Ponieważ dobór odpowiednich materiałów stanowi poważny problem w technice aparaturowej, powstaje zagadnienie stosowania właściwych metod badania ich. Można wyko-

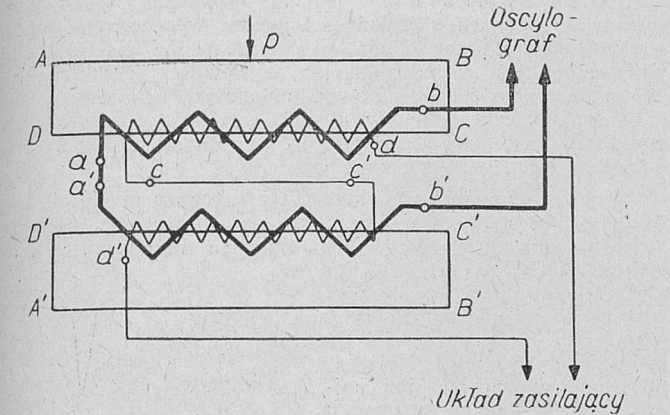
nywać próby gaszenia łuku przy pomocy badanych materiałów, wymaga to jednak specjalnych urządzeń zwarciowych wysokiego napięcia i dlatego nie zawsze jest możliwe.

Dotąd w Polsce nie produkuje się aparatów gaszących łuk przy pomocy materiałów gazujących, choć są one w wielu przypadkach bardzo korzystne. Przyczyną tego jest m. in. zarówno brak takich materiałów, jakie stosuje się w innych krajach, a których własności są znane, jako też i to, że nie znany prostego sposobu badania materiałów pod względem ich zdolności gaszenia, który pozwoliłby je znaleźć w kraju.

Niżej podano wyniki prac nad różnymi prostymi metodami badania materiałów gazujących.

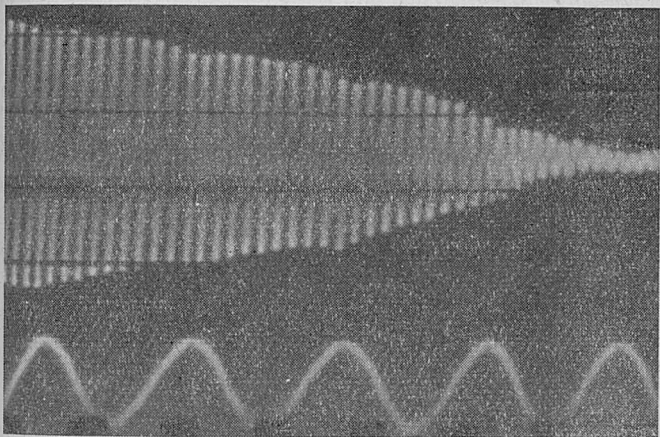
2. Przyrząd do pomiaru szybkich zmian ciśnienia.

Zdolność materiałów gazujących do gaszenia łuku zależy w znacznej mierze od ilości gazów, wydzielonych pod działaniem łuku. Przy większej ilości gazów ciśnienie w przestrzeni łukowej jest większe; pociąga to za sobą silniejszy wydmuch zjonizowanych gazów i łatwiejsze zgaszenie łuku.

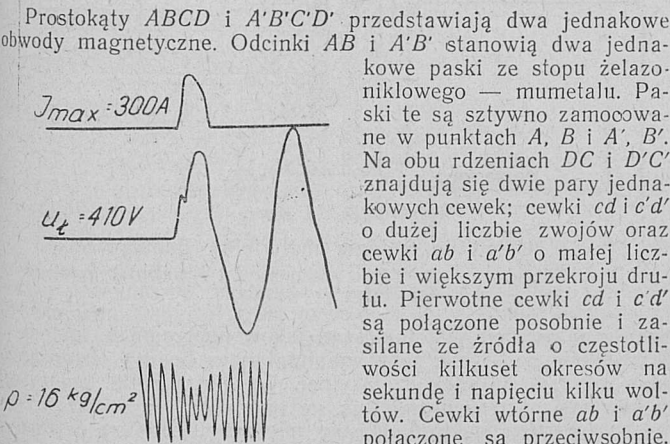


Rys. 1. Schemat przyrządu do pomiaru oscylograficznego szybkich zmian ciśnienia

W celu badania ciśnienia gazów, wydzielonych pod działaniem łuku elektrycznego z różnych materiałów gazujących, wykonano prosty przyrząd, którego schemat jest podany na rys. 1.



Rys. 2. Oscylogram zmiany siły docisku P otrzymany przy pomocy oscylografu katodowego



Rys. 3. Oscylogram zmiany ciśnienia w próbce z materiału gazującego otrzymany przy pomocy oscylografu pętlicowego

ab i $a'b'$ znoszą się. Jeśli jednak na pasek mumetalu AB będziemy działać siłą P , to naprężenie wywołane w tym pasku zmieni jego współczynnik przenikalności magnetycznej μ . Pociąga to za sobą zmianę strumienia magnetycznego w obwodzie

$ABCD$. Siła elektromotoryczna w uzwojeniu wtórnym ab zmieni się i na zaciskach bb' pojawi się pewne napięcie. Napięcie to możemy zmierzyć przy pomocy oscylografu katodowego lub pętlicowego. Wielkość napięcia zależna jest od zmiany siły P .

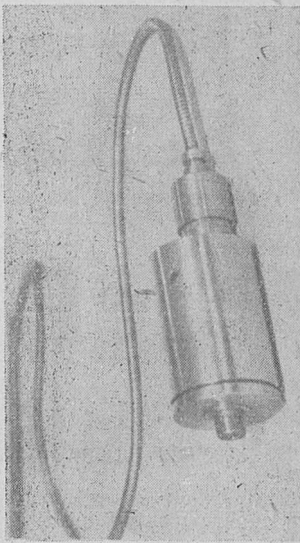
Do pomiaru ciśnień przyrząd zaopatrzony jest w tłoczek o małej masie, który pod działaniem ciśnienia naciska na pasek AB . Paski AB i $A'B'$ mają pewne wstępne ugięcia. Dla zrównoważenia układu przed pomiarem przyrząd zaopatrzony jest w śrubkę regulacyjną, dociskającą pasek $A'B'$.

Jako źródła wyższej częstotliwości użyto zwykłego brzęczyka telekomunikacyjnego, zasilanego z baterii kieszonkowej na 4,5 V. Rys. 2 przedstawia oscylogram stosunkowo wolnych zmian siły docisku P wykonany przy pomocy oscylografu katodowego. Największe wychylenie plamki oscylografu odpowiada sile docisku 6 kg. Na fotografii widoczna jest też krzywa napięcia zmiennego o 50 okr./sek.

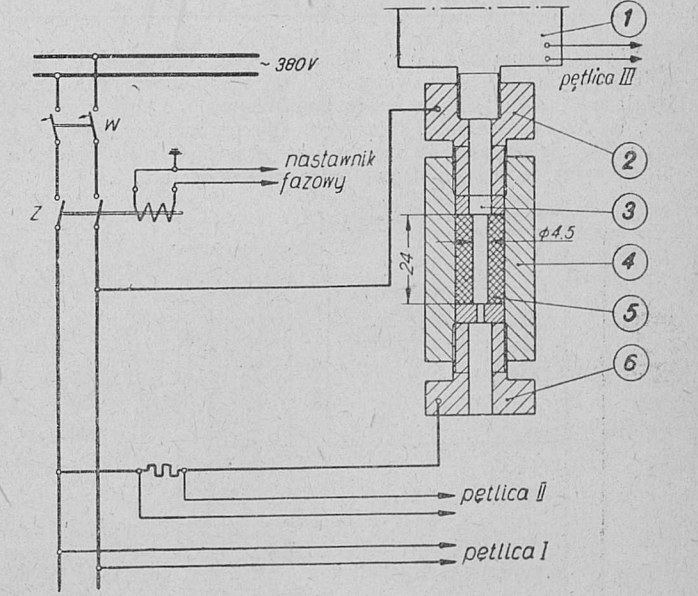
Zależność wychylenia oscylografu h od doprowadzonego ciśnienia $n[h = f(p)]$ nie jest liniowa. Przyrosty wychylenia zmniejszają się ze wzrostem ciśnienia.

Oscylogram na rys. 3 przedstawia zmianę ciśnienia w próbce z materiału gazującego w czasie pałania się łuku (otrzymano przy pomocy oscylografu pętlicowego). Tu przyrząd był tak wyregulowany, że zwiększeniu się ciśnienia towarzyszyło zmniejszenie się wychylenia oscylografu.

Stosowanie brzęczyka nie jest korzystne z powodu niemożności uzyskania dużej i stałej częstotliwości niezbędnej przy szybkich zmianach ciśnienia, z powodu zniekształcenia krzywych napięcia wyższymi harmonicznymi itp. Zaletą jego jest prostota układu. Konieczny jest bardzo dokładny montaż przy-



Rys. 4. Przyrząd do pomiaru oscylograficznego szybkich zmian ciśnienia



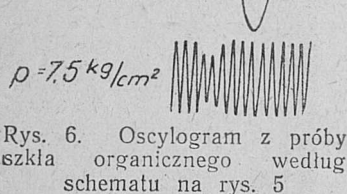
Rys. 5. Układ do badania materiałów gazujących 1 — przyrząd do pomiaru ciśnienia 2 — rurka izolacyjna 3 — styk opaliny 4 — rurka izolacyjna 5 — materiał gazujący 6 — elektroda

rzędu dla uzyskania jednakowych obwodów magnetycznych, co jest dość trudne. Symetria uzwojeń i sposób ich połączenia w pewnym stopniu uniezależniają układ od postronnych pól magnetycznych, jednakże silne zmienne pole magnetyczne, którego źródło jest niezbyt odległe, ma wpływ na wskazania przyrządu.

Rys. 4 podaje wygląd zewnętrzny przyrządu.

3. Prąd, ciśnienie i spadek napięcia na łuku dla różnych materiałów gazujących.

Układ pomiarowy. Na rys. 5 przedstawiono układ zastosowany do pomiaru prądu, ciśnienia i spadku napięcia na łuku dla różnych materiałów gazujących. Napięcie źródła wynosi ~ 380 V, moc zwarcia ok. 400 kVA. Złączenie na zwarcie odbywało się przy pomocy wyłącznika automatycznego Z, sterowanego z nastawnika fazowego. Wyłącznik zabezpieczający W działał z pewnym opóźnieniem. Zapalenie łuku odbywało się za pomocą cienkiego druczka miedzianego o średn. 0,06 mm. Oscylograf petlicowy rejestrował przebiegi napięcia, prądu i ciśnienia.



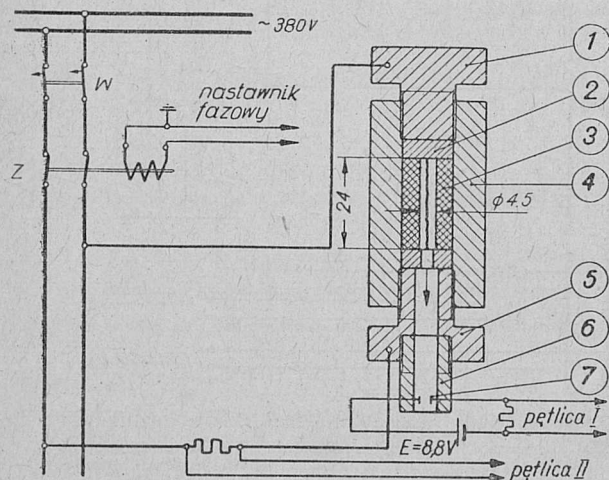
Rys. 6. Oscylogram z próby szkła organicznego według schematu na rys. 5

W toku doświadczeń zmieniano średnicę otworu wylotowego w styku opalinowym. Średnica wewnętrzna rurki 4,5 mm oraz średnica otworu wylotowego 2 mm okazały się najodpowiedniejsze w danych warunkach pomiarowych.

Tablica I. Porównanie materiałów gazujących

Materiał	Napięcie na łuku u_l (V)	Natężenie prądu I (A)	Ciśnienie p (kg/cm ²)
Szkło organiczne	350	330	7,5
Fibra	350	340	7,5
Żywica mocznikowa I	300	380	7,0
Żywica mocznikowa II	280	480	6,0
Porcelana	170	750	—

Wyniki pomiarów. Zbadano kilka materiałów: fibrę, polimetakrylan metylu zwany szkłem organicznym lub „pleksiglasem”, dwa rodzaje żywicy mocznikowych. Oscylogram na rys. 6 dotyczy szkła organicznego. Dla porównania wykonano też próbę z porcelaną. Tu łuk nie gasł przy pierwszym przejściu prądu przez zero. Wyniki pomiarów podano w tabl. I.



Rys. 7. Układ do badania materiałów gazujących II

1, 5 — elektroda 2 — styk opalinowy 3 — materiał gazujący
4 — rurka izolacyjna 7 — sonda

Wnioski. Jak wynika z tabl. I, w przypadku lepszych materiałów gazujących spadek napięcia na łuku jest większy, natężenie prądu w obwodzie zwarcia jest mniejsze dzięki ograniczeniu prądu przez oporność łuku oraz ciśnienie jest

większe. Nie ma tu widocznych różnic między szkłem organicznym a fibrą. Różnice między innymi materiałami gazującymi również nie uwydatniają się tu w sposób bardzo wyraźny.

4. Przewodność gazów wyrzuconych z przestrzeni łukowej przez otwór w elektrodzie.

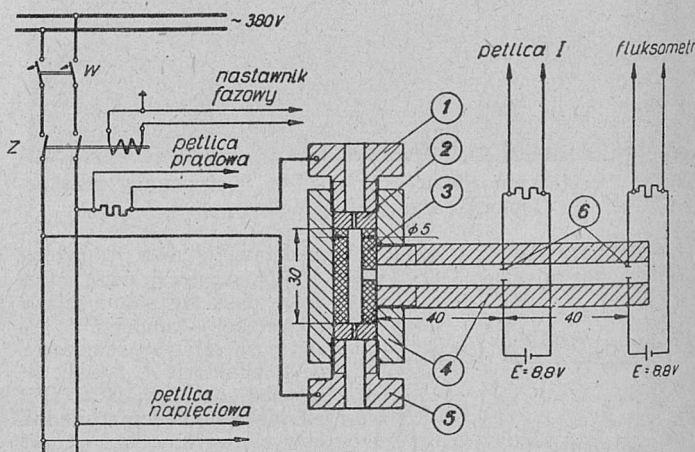
Układ pomiarowy. Na rys. 7 pokazano układ zastosowany do pomiaru przewodności gazów, wyrzuconych z przestrzeni łukowej przez otwór w elektrodzie. W elektrodzie tej umieszczona jest rurka izolacyjna, a wewnątrz rurki znajduje się sonda w postaci dwu płytek, oddalonych od siebie o kilka milimetrów i włączonych w obwód, zawierający źródło prądu stałego E i oporność R . Jako źródło prądu stałego służą dwie baterie kieszonkowe połączone w szereg.

W chwili zwarcia wydzielone przez łuk gazy przelatują między płytkami sondy. Ponieważ gazy są zjonizowane, następuje zwieranie obwodu sondy. Spadek napięcia na oporności R rejestruje petlica oscylografu. Im większa przewodność gazów, tym większe wychylenie petlicy oscylografu. Stosunek oporności R do oporności gazów między płytkami sondy winien być jak najmniejszy. W danym przypadku oporność R wynosiła 20 omów.

Wyniki i wnioski. Oscylogram na rys. 8 przedstawia przebieg prądu zwarcia i prądu w obwodzie sondy I_I dla fibry. Taki sam wynik uzyskano dla szkła organicznego. W przypadku innych materiałów prąd I_I był większy, jednakże nie można było zaobserwować wyraźnych różnic. Tłumaczy się to obecnością dużej ilości par metalu wydzielonych głównie ze styku opalinowego przy elektrodzie z rurką izolacyjną. Z tego też powodu metoda ta nie nadaje się do badania przewodności gazów.

5. Przewodność gazów wyrzuconych z przestrzeni łukowej przez otwór boczny.

Układ pomiarowy. Na rys. 9 podano układ zastosowany do badania przewodności gazów wyrzuconych z przestrzeni łukowej przez otwór boczny. Źródło zasilające i sposób włą-



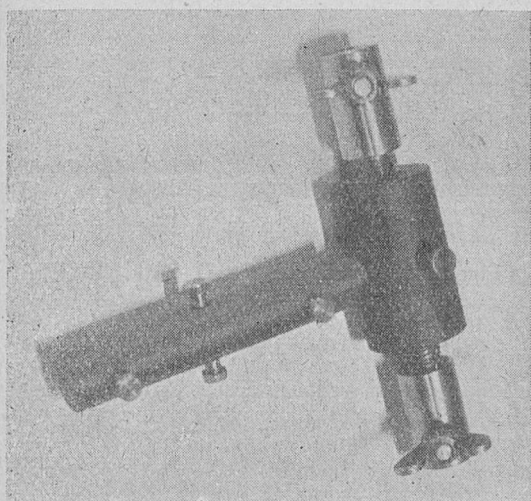
Rys. 9. Układ do badania materiałów gazujących III

1, 5 — elektroda 2 — styk opalinowy 3 — materiał gazujący
4 — rurka izolacyjna 6 — sondy

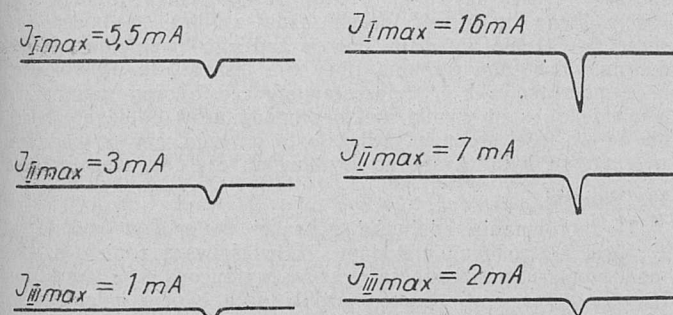
czania na zwarcie jest taki sam, jak w poprzednich układach. Wydzielone przez łuk gazy wylatują przez boczny otwór próbki i wpadają do rurki izolacyjnej. Wewnątrz rurki izolacyjnej w równych odstępach znajdują się trzy sondy w postaci trzech par mosiężnych elektrod. Odstęp między elektrodami wynosi 2 mm. Sondy są włączone w obwody, składające się ze źródła prądu stałego E i oporności R . Źródło prądu stałego stanowią, jak poprzednio, dwie baterie kieszonkowe połączone w szereg. Oporność R wynosi $10 \div 20$ omów. Zjonizowane gazy zwierają elektrody i w obwodach $E-R$ — sonda płyną prądy zależne od przewodności gazów. Wielkości tych prądów rejestrują petlice I, II, III przyłączone do zacisków oporności R .

Celem usunięcia pary metalu, tworzącej się przy stykach opalinowych, styki te mają małe otwory. Dzięki ciśnieniu we-

Rys. 10 podaje zewnętrzny wygląd przyrządu.



Wyniki. Oscylogramy na rys. 11a i 11b podają przebiegi prądu w obwodach poszczególnych sond dla szkła organicznego i fibry. Tabl. II podaje średnie wyniki pomiarów dla kilku



Rys. 11b. Oscylogram próby fibry według schematu z rys. 9

6. Pomiar prądu, spadku napięcia na łuku i przewodności gazów przy pomocy oscylografu i fluksometru.

Tablica III. Średnie wyniki pomiarów elektrycznych dla kilku materiałów gazujących

Materiał	Spadek napięcia na łuku u_1 (V)	Natężenie prądu			Wychylenie fluksometru	
		w łuku $I_{\max}$ (A)	w obwodzie sondy I $I_{\max}$ (mA)	w obwodzie sondy II $I_{\max}$ (mA)	w obwodzie sondy I α (dz)	w obwodzie sondy II α (dz)
Szkło organiczne	340	380	13	5	11	3,5
Fibra	360	410	33	10	29	5
Substancja AEG	310	470	29	8	30	5
Żywica mocznikowa I	300	470	34	13	33	7
Ebonit II	230	530	50	19	58	14

Materiał	Prąd w obwodzie sondy I (mA)	Prąd w obwodzie sondy II (mA)	Prąd w obwodzie sondy III (mA)
Szkło organiczne	5,5	3,5	1
Fibra	16	8	2
Żywica mocznikowa I	18	12	2,5
Ebonit	21	14	3
Żywica mocznikowa II	29	12	2

Technical drawing of a three-phase synchronous motor with a phase shifter. The drawing includes a schematic of the motor's electrical connection to a 380V supply, a cross-section of the motor's internal components, and a side view of the motor's frame. The cross-section shows the stator (1), rotor (2), and phase shifter (3). The side view shows the motor's frame (4) and the phase shifter (5). The motor is labeled 'petlica I', 'petlica II', and 'petlica III'.

1, 5 — elektroda 2 — styk opalinowy 3 — materiał gazujący
4 — rurka izolacyjna 6 — sondy

Four oscilloscope waveforms are shown, arranged in a 2x2 grid. Each waveform is preceded by a label indicating its maximum value.

- Top-left: $J_{max} = 33 \text{ mA (I)}$. The waveform shows a sharp negative-going pulse from a baseline.
- Top-right: $J_{max} = 13 \text{ mA (I)}$. The waveform shows a sharp negative-going pulse from a baseline.
- Bottom-left: $U_T = 360 \text{ V}$. The waveform shows a series of three positive-going pulses.
- Bottom-right: $U_T = 340 \text{ V}$. The waveform shows a series of three positive-going pulses.

Rys. 13b. Oscylogram z pró-
by szkła organicznego we-
dług schematu na rys. 12

cyfrą rzymską I dotyczą obwodu pierwszej sondy (bliżej próbki), a wielkości z cyfrą II drugiej sondy. Skład badanego tu ebonitu II był znacznie gorszy od składu ebonitu I, a sam

ebonit był bardzo porowaty. Próbowano poddać też substancję gazującą stosowaną w starych odłącznikach mocy AEG. Składu jej nie badano.

Z tabl. III wynika, że wartości odczytane na fluksometrze różnią się w przypadku różnych materiałów podobnie jak wartości prądów w obwodach sond. Pewne rozbieżności w niektórych przypadkach należy przypisać błędom pomiarowym; wszak przy pomiarach należy zapewnić włączanie na zwarcie dokładnie w tym samym momencie fazowym napięcia dla wszystkich materiałów. Poza tym liczby podane w tabl. III są wartościami średnimi z kilku pomiarów, a nie dotyczą pewnego określonego pomiaru.

Wyniki wskazują również na duże różnice przewodności gazów dla szkła organicznego i innych badanych materiałów.

W toku dalszych badań stwierdzono, że zmierzona fluksometrem przewodność gazów z fibry jest dla materiału wilgotnego mniejsza niż dla suchego. Jak wiadomo, fibra wilgotna ma lepsze własności gaszące niż sucha.

7. Inne badania.

Poza wymienionymi wyżej metodami pomiarowymi wykonano również inne doświadczenia nad przewodnością gazów, które dają podobne wyniki. Mierzono też ubytek masy materiału oraz powiększanie się średnicy wewnętrznej próbek. W ostatnim przypadku nie zaobserwowano dużych różnic między materiałami.

8. Ocena metod i wyników badań.

Opisane badania wykazały pewne właściwości materiałów gazujących pod wpływem łuku elektrycznego. Uzyskane tam różnymi sposobami wyniki uszeregowywały materiały w pewnym porządku, który w ogólnych zarysach powtarza się w podanych metodach badania. Jednakże różnice między wynikami dla poszczególnych materiałów w różnych metodach wahają się w dużych granicach. Tak np. metoda pomiaru prądu i spadku napięcia na łuku oraz ciśnienia nie pozwala dostrzec różnicy w zdolności gaszenia łuku między szkłem organicznym i fibrą. W Związku Radzieckim szkło organiczne znalazło szerokie zastosowanie w przyrządach do gaszenia łuku elektrycznego ze względu na dużą zdolność gaszenia. Odgromnik wydmuchowy ze szkła organicznego przy podobnych wymiarach otworu rury ma znacznie niższą dolną granicę gaszonych prądów aniżeli taki sam odgromnik z fibry. Materiał ten zawdzięcza to dużej ilości gazów, które wydzielają się w czasie palenia się łuku. Ponad 40% ogólnej ilości gazów stanowi wodór, który jest bardzo cennym gazem przy gaszeniu łuku. Wiadomo [5], że 1 g szkła organicznego wydzieli ok. 2400 cm³ gazu sprowadzonego do warunków normalnych, natomiast 1 g fibry daje 1200—1300 cm³ gazu. Metody badania przewodności gazów zjonizowanych wyrzucanych przez otwór boczny pozwalają na wykrycie znacznych różnic między tymi materiałami.

Różnice przewodności gazów wyrzucanych z przestrzeni łukowej należy przypisać szeregowi czynników. Najważniejszą rolę odgrywa tu ilość wydzielonych gazów, dyfuzja, rekombinacja jonów, zawartość sadzy. Tabl. IV podaje wartości współczynników dyfuzji D dla różnych gazów według J. J. i G. P. Thomsonów („Conduction of Electricity through Gases“, str. 75). Zwraca uwagę kilkakrotnie większy współczynnik dyfuzji dla wodoru niż dla innych gazów.

Tablica IV. Współczynniki dyfuzji

Rodzaj gazu	Suchy gaz		Wilgotny gaz	
	D^+	D^-	D^+	D^-
Powietrze	0,028	0,043	0,032	0,035
Tlen	0,025	0,0396	0,0288	0,0358
Dwutlenek węgla	0,023	0,026	0,0245	0,0255
Azot	0,029	0,414		
Wodór	0,123	0,190	0,128	0,142

Wyda się, że pomiar przewodności gazów obejmuje różne własności materiałów związane ze zdolnością gaszenia. Należy zaznaczyć, że nas tu interesują głównie własności gazów zjonizowanych w momencie, kiedy do łuku elektrycznego nie doprowadzamy energii z zewnątrz, a więc w okresie przejścia prądu przez zero. Podobne, choć nie zupełnie takie same warunki istnieją, gdy zjonizowany gaz wyleciał z przestrzeni łukowej do rurki z sondami. Szybkość wylotowa gazu jest bar-

dzo duża. Czas przelotu gazu z przestrzeni łukowej do pierwszej sondy jest tego rzędu, co czas powrotu napięcia w przyrządach gaszących łuk elektryczny. W przyrządach tych, tj. łącznikach, odgromnikach wydmuchowych, musimy się liczyć z tym, że nie wszystkie gazy zjonizowane zdołają wylecieć z przestrzeni łukowej w okresie bezprądowym. Stopień zjonizowania zatem pozostałych gazów w komorze gaszeniowej jest bardzo ważny ze względu na ponowny zapłon. Badanie przewodności gazów jako wskaźnika ich zdolności gaszeniowej wydaje się więc racjonalne.

Pewne światło na rolę oporności przestrzeni łukowej w okresie bezprądowym rzucają rozważania teoretyczne podane w książce L. J. Sirotńskiego [2]. Z rozważań tych wynika, że wytrzymałość dielektryczna przerwy łukowej (E_w) w czasie bezprądowym jest wprost proporcjonalna do pierwsiastka kwadratowego z oporności kanału łukowego (R) w tym czasie: $E_w = \text{const.} \sqrt{R}$. Wytrzymałość ta decyduje, czy łuk zapali się ponownie, czy też nie.

W związku z pomiarem przewodności gazów należy wspomnieć o możliwości pewnych błędów uwarunkowanych różnicą prędkości wyrzucanych gazów. Różnice te w wyżej przytoczonych badaniach nie są widoczne, choć badane materiały różniły się między sobą znacznie. Przesunięcie w czasie wierzchołków krzywych prądu w obwodach kolejnych sond przy uzyskanych prędkościach oscylografu nie wykazują dostrzegalnych różnic dla różnych materiałów. Przesunięcia te są miarą prędkości gazów.

9. Badanie innych własności materiałów gazujących.

Badanie przewodności gazów nie wystarcza do oceny materiału gazującego. Należy tu wziąć pod uwagę również zwęglenie się materiału, odporność na wpływy atmosferyczne, własności mechaniczne itp. Tak np. przewodność gazów badanej substancji AEG używanej w starych odłącznikach mocy AEG jest podobna do przewodności gazów z fibry. Jednakże substancja AEG nie wykazuje prawie żadnego zwęglenia ani osadu, natomiast powierzchnia fibry nie jest czysta. Również żywice mocznikowe I i II pozostawiały często osad na znacznej powierzchni; stąd wyniki niektórych pomiarów odbiegały znacznie od wartości średnich. Zależało to od tego, czy powierzchnia wewnętrzna była czysta po wydmuchu, czy też pozostał osad.

10. Wnioski.

Do porównania zdolności gaszącej materiałów można posługiwać się różnymi metodami. Najwłaściwszą z nich jest metoda pomiaru przewodności gazów wyrzucanych z przestrzeni łukowej przez otwór boczny próbki przy użyciu jednej sondy, oddalonej o ~ 35 mm od otworu wylotowego próbki. Najprostszą metodą jest pomiar przewodności gazów przy pomocy przyrządu mierzącego ładunek elektryczny, np. fluksometru według schematu na rys. 12, bez używania oscylografu. Należy zapewnić zamykanie obwodu zawsze dokładnie w tym samym momencie fazowym napięcia. Moment ten winien być tak dobrany, aby czas palenia się łuku był jak najdłuższy. Korzystać należy zawsze z tego samego źródła prądu, a napięcie jego winno być jednakowe przy wszystkich próbach. Określenie dla gazu jego zdolności gaszenia odbywa się przez porównanie jego przewodności z przewodnością gazów znanych materiałów gazujących, zmierzonych w tych samych warunkach. Im mniejsza jest przewodność gazu, tym lepszy jest materiał gazujący. Zaleca się wykonać kilka pomiarów dla uzyskania wartości średnich. Należy poza tym zbadać stopień zwęglania się materiału pod wpływem łuku, odporność na wpływy atmosferyczne i własności mechaniczne. Niektóre z ostatnich własności odgrywają niekiedy mniejszą rolę.

LITERATURA

- [1] Łukomski H. Zastosowanie mas plastycznych do gaszenia łuku elektrycznego, Przem. Chem., 1949.
- [2] Tiekhnika vysokich napriazhenij, cz. I, 1951 (pod redakcją L. I. Sirotńskiego)
- [3] Michajłow W. W. Raszczot i konstruirowanie vysokowoltnoj aparatury, 1951
- [4] Butkiewicz Ju. W., Grojs Je. S., Zielik M. L. Trubczatye razradniki na osnovie nowowo gazogienierirujuszczego materiala, Elektrizestwo, 1945, 7.
- [5] Bronsztejn A. M. Gazogienierirujuszczij razjedinitel moszcznosti, Elektrizestwo, 1945, 7
- [6] Petermichl F. Ein kompressloser Druckgasschalter, EuM, 1938, 22
- [7] Egli B. M. Der Hartgasschalter, Bull. Schweiz. Elektr. Ver., 1938, 22
- [8] Mayer O. Ein neuer Leistungstrennschalter, ETZ, 1935, 56
- [9] Grosse V. Entwicklung der Hartgasschalter, Zeitschr. VDI, 1940, 84
- [10] Petermichl F. Hartgasschalter, AEG-Mitteil., 1938, 521

MGR INŻ. KNOTHE STEFAN
INŻ. SZTEINDUCHERT LESZEK
Instytut Elektrotechniki

Zwarcionia niskonapięciowa Instytutu Elektrotechniki

621.317.2:621.3.064.1.027.2:661.6:621.3

Treść. Opis zwarcionia niskonapięciowej Instytutu Elektrotechniki. Jej podstawowe wyposażenie, przewidywany zakres prób, osiągalne wartości prądów i mocy zwarcionych dla obu etapów rozbudowy. Zamierzenia eksploatacyjne.

Испытательная станция для коротких замыканий низкого напряжения в Электротехническом Институте. Описание этой станции. Ее основное оборудование, предусмотренный круг испытаний, достижимые значения тока и мощности короткого замыкания для двух периодов постройки. Эксплуатационная программа.

L. T. short-circuit test station of the Electrical Institute. Description of the L. T. short-circuit test station of the Electrical Institute, its fundamental equipment, anticipated scope of tests and range of values of short-circuit current and power obtainable in the course of two stages of development of the station. Forecast of exploitation plans.

1. Wstęp.

W pierwotnym stadium rozwoju elektroenergetyki zagadnieniami najtrudniejszymi dla konstruktora łączników były zagadnienia napięciowe. Głównym zadaniem wyłącznika było przerwanie prądu znamionowego lub niewiele odeń większego prądu przetężeniowego, gdyż moce zwarcia były tak małe, że nie stanowiły problemu. Moce znamionowe były również niewielkie, toteż technika wyłączników niskiego napięcia nie stwarzała szczególnych trudności.

W miarę rozwoju elektroenergetyki moce zwarcionowe osiągały wartości, które zmuszały konstruktora do przystosowania urządzeń rozdzielczych do bardzo trudnych wymagań pod względem wytrzymałości zwarcionowej — termicznej i dynamicznej.

Pociągnęło to za sobą konieczność badania konstrukcji elementów urządzeń elektrycznych z punktu widzenia nie tylko ich izolacji i pracy w normalnych warunkach, ale również pracy przy najgroźniejszych zakłóceniach wywołanych zwarciami. Konstruktor musiał sprawdzać swe obliczenia — przeważnie niedoskonałe, a zawsze niezupełne. Dla wytworzenia warunków zakłóceńowych mogących powstać w eksploatacji budowano specjalne laboratoria zwane zwarcioniami. W laboratoriach tych w sposób sztuczny wywołuje się stany zakłóceńowe o różnych wartościach prądu zwarcionowego, a więc stwarza się właściwe kryteria, które pozwalają ocenić jakość danej konstrukcji i jej przydatność do znoszenia prądów zakłóceńowych. Laboratoria te również muszą być przystosowane do badania wyłączników w warunkach pracy normalnej. W ten sposób zwarcionie stały się podstawowym i niezastąpionym narzędziem pracy konstruktora łączników.

Rozwój przemysłu elektrotechnicznego w dziedzinie budowy przyrządów rozdzielczych jest nie do pomyślenia bez oparcia się na zwarcionie. Zwarcionia umożliwiają badanie konstrukcji całych przyrządów i ich poszczególnych elementów, których właściwe rozwiązanie ma decydujący wpływ na właściwy przebieg procesów elektrycznych, występujących w łącznikach w związku z ich pracą, szczególnie w momencie ich działania w przypadku zwarcia. Ponadto zwarcionia taka umożliwia wykonywanie prób, sprawdzających dobroć produkowanych przyrządów elektrycznych, co pozwala osiągnąć wysoką jakość produkcji, będącą podstawowym zagadnieniem w gospodarce socjalistycznej.

Ścisłe obliczeniowe, metodyczne i świadome, projektowanie łączników niskiego napięcia dziś wydaje się jeszcze niemożliwe, wymaga bowiem studiów w kierunku poznania i znajomości przebiegów niestabilnych i całej fizyki łuku, lecz stanie się możliwe na podstawie badań w zwarcionie.

Zwarcionia niskonapięciowa umożliwi wykonanie takich prac badawczych, narzuconych przez plan przemysłowy, jak badania łączności normalnej, badania zdolności wyładowania i zalegania oraz badania wytrzymałości cieplnej i dynamicznej.

Wartość prądów zwarcia powstających w urządzeniach niskonapięciowych jest zależna w znacznym stopniu od właściwego projektowania tych urządzeń. Niedoceniając w pewnym okresie niebezpieczeństwa wielkich prądów zwarcionych doprowadziło w tym okresie do powszechnego niemal budowania dużych stacji transformatorowych z jednostkami pracującymi równolegle. Powstawały wtedy prądy zwarcionowe dające opierać się z największą trudnością nawet przy obecnym stanie techniki; urządzenia wymagały przy tym wielkich nakładów finansowych. Obecnie odeszliśmy od tego sposobu projektowania: ograniczamy możliwości moce transformatorów i stosujemy daleko idące sekcjonowanie szyn zbiorczych, jednakże nie możemy uniknąć nieraz znacznych prądów zwarcionych. Należy jeszcze nadmienić, że świadomość niebezpieczeństwa prądów zwarcionych spowodowała u projektujących skłonność do

ich przeszacowywania zwłaszcza dlatego, że dotąd brak nam właściwej metody obliczania prądów zwarcionych w urządzeniach niskiego napięcia, gdzie istnieje jednak szereg czynników ograniczających te prądy w stopniu niepomierne większym niż w urządzeniach wysokiego napięcia. Czynniki te są dla przykładu: wzrost oporności czynnej pod wpływem temperatury, oporność styków, wpływ uzwojeń przekładników prądowych, wpływ mas stalowych, znajdujących się w pobliżu obwodów prądowych itp. Jednakże różnorodność tych czynników jest tak wielka, że nie da się ująć w ścisłe obliczenia. Do stworzenia właściwej metody obliczania prądów zwarcionych w urządzeniach niskiego napięcia trzeba dokonać wielu tysięcy badań laboratoryjnych nad modelami najczęściej spotykanych zestawów urządzeńowych.

Instytut Elektrotechniki, rozumiejąc znaczenie prób typu niezbędnych do określenia parametrów przyrządów elektrycznych i wydania atestów, zorganizował w latach 1951 i 1952 zwarcionie sieciowe, których źródłem zasilania są transformatory przyłączone do normalnych sieci elektroenergetycznych. Są to zwarcionie o ograniczonych mocach, nie wystarczających do prób typu z łącznikami niskiego napięcia na większe prądy wyłączalne. Nie zezwalają one również na badanie całych zestawów urządzeń rozdzielczych. Wreszcie wykonywanie prób badawczych i przemysłowych jest uzależnione od możliwości ruchowych sieci elektroenergetycznych, a więc próby te są sporadyczne i częstokroć bardzo uciążliwe ze względu na oddalenie ich od siedziby odpowiednich organów Instytutu.

Wobec niedoskonałości takiego prowizorycznego rozwiązania Instytut Elektrotechniki od dawna już zajmuje się sprawą całokształtowego rozwiązania zagadnienia — budowy zwarcionia umożliwiającej badanie łączników i elementów rozdzielni w zakresie całej gamy stosowanych napięć i prądów. Jednak skala tego przedsięwzięcia jest ogromna, pod względem zarówno technicznym, jak i finansowym. Toteż zdecydowano się zbudować przede wszystkim zwarcionie niskonapięciowe, nie zarzucając projektu budowy zwarcionia wysokonapięciowego*).

Zwarcionie niskonapięciowe, oparte na własnym źródle prądu — prądnicę zwarcionową — buduje się na terenie zespołu zakładów naukowo-badawczych Instytutu Elektrotechniki pod Warszawą. Zwarcionia ta pozwoli na całkowite badanie przyrządów rozdzielczych niskiego napięcia, produkowanych w kraju na podstawie rodzimych konstrukcji wzgl. dokumentacji licencyjnej oraz pochodzących z importu. Będą w niej wykonywane próby wyłączników, styczników, przerwników, odłączników, bezpieczników, elementów rozdzielni itp. zarówno w warunkach pracy normalnej, jak i w warunkach zakłóceńowych. Pozwoli ona przemysłowi na ulepszenie produkowanych typów, wyeliminowanie z produkcji przyrządów nie spełniających wymagań oraz stworzenie realnej podstawy do wytyczenia prawidłowych kierunków rozwojowych zarówno produkcji łączników, jak i projektowania urządzeń rozdzielczych niskiego napięcia.

W zwarcionie tej będą mogły być wykonywane również próby przyrządów rozdzielczych wysokiego napięcia, wprowadzając w bardzo wąskim zakresie, niemniej jednak próby te dadzą cenne wytyczne dla konstruktorów, co jest niezwykle ważne przy obecnym braku zwarcionia wysokonapięciowej w kraju i konieczności wykonywania prób łączników wysokiego napięcia za granicą; jednocześnie zwarcionia niskonapięciowa zredukują potrzebę korzystania ze zwarcionia zagranicznych.

Należy tu jeszcze nadmienić, że w najbliższym czasie powstanie w Instytucie Elektrotechniki biuro konstrukcyjne przyrządów rozdzielczych wysokiego napięcia oraz warsztat budowy prototypów. Stworzenie tych dwóch działów zostało podyktowane koniecznością znacznego przyspieszenia prac nad rownymi

* Por. Knothe S. i Myśliński A. Zwarcionie wysokonapięciowe — podstawowe laboratoria przyrządów rozdzielczych (str. 494—503 niniejszego zeszytu).

konstrukcjami wyłączników, opartymi zarówno na własnych koncepcjach, jak i na dokumentacji licencyjnej. Ulokowanie obu działów w pobliżu zwarciowni niskonapięciowej i późniejszej zwarciowni wysokonapięciowej, a także w pobliżu wytwórni wyłączników wysokonapięciowych pozwoli od razu wykonywać na modelach próby fragmentów konstrukcyjnych układu gaszącego łuk, pozwoli nie zaopatrywać wanszlatu prototypów w specjalne obrabiarki. W ten sposób będzie zrealizowana w pewnej mierze gospodarka zespołowa, całokształtowa, oparta na wzorach radzieckich, np. w WEI w Moskwie, w zakładach Elektroaparat w Leningradzie.

Praktyka radziecka dowiodła, że zwarciownia jest dla konstruktora pracownią niezbędną i powinna być dla niego dostępna w każdej chwili. Stąd powstała w 1949 roku myśl budowy choćby niewielkiej zwarciowni, wyposażonej w prądnice o mocy choć kilkunastu megawoltamperów wraz z zespołem wzbudnic, umożliwiających również wykonywanie prób prądem stałym oraz z transformatorami zwarciowymi obniżającymi napięcie (przelączalne w granicach 1 kV). Wybrano spośród kilku uszkodzonych prądnice synchroniczne na 12,5 MVA, 6000 V, która nadawała się do naprawy, choć miała poprzeszczelane uzwojenia stojana, strząskana wzbudnicę, brak łożyska przedniego oraz uszkodzony wirnik.

Zakład Wielkich Mocy IEI podjął zadanie realizacji budowy zwarciowni niskonapięciowej. Dzięki pełnemu oddaniu się tej sprawie kierownictwa Zakładu w latach 1950/51 przyjęto koncepcję budowy tej zwarciowni. Opracowano założenia, uzyskano kredyty, prądnice oddano do przeróbki i naprawy, opracowano projekt budynków i w 1951 roku uzyskano zatwierdzenie budowy przez komisję oceny projektów inwestycyjnych Instytutu.

Opracowanie projektu technicznego powierzono katedrze przyrządów rozdzielczych Politechniki Warszawskiej. Zakłady budowy maszyn elektrycznych przerabiają prądnice, które stojan przezwójono dla zmniejszenia oporu biernego z 12,5% na ok. 8,5%; ponadto wzmocniono połączenia czołowe, dobudowano wentylator. Z remanentów maszyn elektrycznych wybrano zespół prądu stałego, przeznaczony do wzbudzania prądnicy i jednocześnie do prób na prądzie stałym. W wykonaniu są transformatory obniżające napięcie. Dostawy zagraniczne są już w większości zrealizowane. Uruchomienie zwarciowni przewiduje się w roku 1954. Trudności są ze zdobyciem dławików betonowych na wysokie napięcie, z wykonaniem specjalnych oporników niskiego napięcia na prądy rzędu 100 kA oraz z wykonaniem wielozaczepowego dławika niskiego napięcia.

Specjalny łącznik, tzw. „złącznik zwarciowy” do zamykania obwodu zwarciowego w odpowiednim momencie będzie wykonany w kraju.

2. Założenia.

Podstawowym założeniem do budowy zwarciowni niskonapięciowej było stworzenie pracowni do wykonywania pełnych prób typu oraz prób badawczych łączników niskiego napięcia. Opracowanie kompletnych założeń projektu napotykało na wielkie trudności z powodu braku norm na badanie łączników oraz z powodu niepełnego asortymentu produkcji krajowej i nie ustalonego jeszcze planu dalszego rozwoju tej produkcji. Usunięto te trudności przez opracowanie w Instytucie tymczasowych instrukcji badawczych dla podstawowych typów łączników niskiego napięcia oraz stworzenie katalogu potrzebnych asortymentów łączników.

Założenia oparto na pełnym potrzebnym programie badań, licząc się z tym, że zamówiona względnie posiadana aparatura może zmusić do ograniczenia niektórych pożądanych wartości. W trakcie wykonywania projektu okazało się, że oporności obliczeniowe obwodów zwarciowych nieco przekraczają oporności założone i że w związku z tym osiągnięcie pożądanych prądów zwarciowych napotka trudności. Czynnikiem ograniczającym są tu transformatory, których zamówiono dwie grupy. Wówczas zdecydowano się na wykonanie projektu z uwzględnieniem możliwości rozbudowy do czterech grup transformatorów. Rozbudowa ta nastąpi w zależności od prób eksploatacyjnych zwarciowni, gdyż obliczenia teoretyczne muszą być sprawdzone w praktyce.

Ponieważ prądnica zwarciowa niskiego napięcia umożliwia, jak podano wyżej, niektóre próby konstrukcyjne łączników wysokiego napięcia, zakres ich również ustalono w założeniach. Podamy tu najważniejsze punkty tych założeń.

Asortyment aparatury elektrycznej, przeznaczony do prób

a) Aparatura niskiego napięcia prądu zmiennego i stałego: wyłączniki ręczne na 60 — 1500 A; wyłączniki samoczynne na 100 — 4000 A; bezpieczniki wielkiej mocy na 35 — 600 A w za-

kresie napięć dla prądu zmiennego 220, 380, 550 V, dla prądu stałego 220, 400, 500 V; rozdzielnie okapturzone i znormalizowane; przekładniki prądowe; elementy szynowe.

b) Aparatura wysokiego napięcia prądu zmiennego w zakresie napięcia generatora zwarciowego: odłączniki: R1 — R110 kV, 200 do 4000 A; wyłączniki na 6 do 110 kV i 400 do 4000 A; odłączniki: mocy na 400 A; bezpieczniki wielkiej mocy do 100 A; dławiki przeciwzwarciowe do 2000 A; przekładniki prądowe; elementy szynowe; wyzwacze bezpośrednie; kable i przewody.

Zakres prób laboratoryjnych

a) Aparatura niskiego napięcia: próby aparatury prądu zmiennego w zakresie prób typu (dla przekładników próby wielkoprądowe, określenie liczby przełączeniowej); próby aparatury prądu stałego w zakresie urządzeń koniecznych do badania aparatury według punktu poprzedniego.

b) Aparatura wysokiego napięcia: próby w zakresie prób typu jednak bez próby wytrzymałości elektrycznej i bez pełnej próby mocy; próby mocy należy przewidzieć w granicach wynikających z możliwości urządzeń koniecznych do badań według punktu a) (dla przekładników, dławików przeciwzwarciowych i elementów szynowych jedynie próby wielkoprądowe).

Wyszczególnienie koniecznych prób typu

a) Próby wytrzymałości elektrycznej izolacji przy 50 Hz i napięciu probierczym 2 do 131 kV.

b) Próby mechaniczne: próby trwałości przy wielokrotnym działaniu dla wyłączników styczników, odłączników i napędów; charakterystyki mechanizmów napędowych: kinematyczne $s = f(t)$, momenty statyczne $M_1 = f(\alpha)$, momenty dynamiczne $M_2 = f(\alpha)$; charakterystyki prędkości styków $s = f(t)$; charakterystyki napędów w zależności od zmian parametrów energii napędzających dla napędów silnikowych, solenoidowych, pneumatycznych, sprężynowych i grawitacyjnych.

c) Próby grzejne w zakresie prądów znamionowych (do 4 kA).

d) Próby wielkoprądowe: próby wytrzymałości cieplnej i 5-sekundowej w zakresie do 120 kA dla wyłączników, odłączników, przekładników, rozdzielni okapturzonych, elementów szynowych i dławików; próby wytrzymałości dynamicznej w zakresie do 200 kA dla łączników, przekładników, rozdzielni okapturzonych, elementów szynowych.

e) Próby wyłączania mocy: próby wyłączania mocy w granicach mocy zbliżonej do znamionowej; próby mające na celu określenie prądów wyłączalnych wyłączników ręcznych niskiego napięcia oraz odłączników wysokiego napięcia w zależności od napięcia powrotnego i współczynnika mocy; próby mające na celu określenie prądów wyłączalnych styczników i przerwników w zależności od napięcia powrotnego, $\cos \varphi$ i cykli badań; charakterystyki bezpieczników; próby wyłączania i załączania wielkiej mocy; określenie prądów wyłączalnych przy określonych napięciach powrotnych oraz prądów załączalnych z uwzględnieniem przepisowych cykli działania wyłączników niskiego napięcia; charakterystyki bezpieczników niskiego napięcia i określenie prądu ograniczonego; częściowe określenie prądów wyłączalnych przy określonych napięciach powrotnych dla wyłączników wysokiego napięcia: a) przy $U = \text{const.}$, b) przy $I = \text{const.}$, c) przy $Z = \text{const.}$; częściowe charakterystyki bezpieczników wysokiego napięcia.

Uwaga 1. Należy przewidzieć regulację częstotliwości drgań własnych oraz współczynnika mocy obwodu zwarciowego.

Uwaga 2. Należy przewidzieć oscylograficzne pomiary następujących wielkości:

a) Przy pomocy oscylografu pętlicowego: prądów fazowych 3, napięć fazowych 3, mocy łuku 1, prędkości styków i w miarę potrzeby prędkości tłoka 3, ciśnień i impulsów.

b) Przy pomocy oscylografu katodowego prędkości wzrostu napięcia powrotnego 3.

3. Rozplanowanie zwarciowni (ob. rysunek).

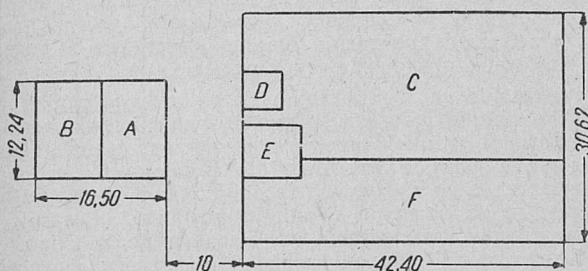
Zwarciownia wkomponowana jest w zespół budynków kombinatu naukowo-badawczego Instytutu Elektrotechniki pod Warszawą. Składa się z dwu budynków: właściwej „zwarciowni” i „nastawni”.

Budynki o łącznej kubaturze 10200 m³ są wzajemnie usytuowane zgodnie z wymaganiami ich przeznaczenia.

Budynek zwarciowni właściwej obejmuje następujące pomieszczenia: a) halę główną o dwu nawach wysokości 11,28 m, z których jedna nawa jest przeznaczona na maszynownię, dru-

ga w znacznej większości na warsztat budowy prototypów; b) w dwu nawach bocznych o wysokości 4,78 m znajdują pomieszczenie: akumulatornia, rozdzielnia potrzeb własnych, komora transformatora pomocniczego, 2 komory do prób (jedna duża o wymiarach 6 m × 6 m × 5 m i druga mniejsza o wymiarach 4 × 4 × 5 m), laboratorium grzejne i stanowisko prób wytrzymałości elektrycznej izolacji. Budynek ten jest połączony kanałem kablowym przelazowym z budynkiem nastawni.

Budynek nastawni o kubaturze 1800 m³ dwukondygnacyjny, częściowo podpiwniczony, jest przeznaczony na nastawnię sterowniczo-pomiarową, biura związane z pracami laboratorium



Rozplanowanie budynków

- A — nastawnia
- B — pomieszczenia biurowe i laboratoria pomocnicze
- C — maszynownia
- D — mała komora prób
- E — duża „ „
- F — warsztat budowy prototypów

i pracownię oscylograficzną i fotograficzną. W budynku przewidziano pomieszczenie dla pracy konstruktorów biorących udział w próbach oraz stanowiska obserwacyjne.

Hala główna w budynku zwarciovym wyposażona jest w suwnicę 20-tonową, umożliwiającą wstawianie i remont prądnic zwarciovych. W drugiej nawie — w warsztacie budowy prototypów — zainstalowana jest suwnica 5-tonowa.

Instalacje — elektryczna, sprężonego powietrza, olejowa i wody chłodzącej — są umieszczone w kanałach podziemnych.

Komory do prób, wyposażone w stojaki do wieszania przyrządów badanych, są wykonane z żelazobetonu przy grubości ścian 60 cm dla zapewnienia bezpieczeństwa pracy w przypadku rozerwania się przyrządu lub oderwania się jakiejś części przyrządu. Przewiduje się doprowadzenie do budynku zwarciovni boczniczy kolejowej.

4. Wypożyczenie zwarciovni.

Podstawowa jednostka obwodu zwarciovego, źródłem energii, jest generator synchroniczny 3-fazowy o mocy typowej 12,5 MVA przy 6,3 kV, o mocy zwarcioviej około 150 MVA przy 6150 V, na 3000 obr./min., a uzwojeniach wzmocnionych ze względu na charakter pracy. Wartość oporności biernej przejściowej wstępnej $X_{d'}$ wynosi 8,5%, oporności zaś biernej przejściowej $X_{d''}$ wynosi 15,5%; stała czasowa zwarcia 0,7 sek.; $Gd^2 = 1,1$ t.m². Dane powyższe dotyczą generatora po jego przeróbce.

Końce uzwojenia stojana są wyprowadzone na zewnątrz do specjalnej szafy dla dokonywania przełączeń Y/Δ przy pomocy płaskowników miedzianych w zależności od potrzeb.

Generator sprzężony jest z silnikiem napędzającym, trójfazowym, asynchronicznym, pierścieniowym o budowie okapturzonej na napięcie 6 kV, o mocy 400 MVA, na 2950 obr./min. Przewidziano programowy rozruch silnika przy zastosowaniu rozrusznika plynowego typu ARWb2w. Do wzbudzenia generatora zastosowano zespół prądu maszyn prądu stałego, składający się z dwóch jednakowych jednostek o napięciu 115/30 V, na 200 A, 230/260 kW. Zespół ten napędzany jest silnikiem synchronicznym na 5400 V, 65 A, 575 kW, 750 obr./min., o wzbudzeniu obcym 110-woltowym z generatora na 93/100 V, 57/66 A, 5,4/7,2 kW. Rozruch silnika synchronicznego — przy zastosowaniu autotransformatora.

Układ szyn wysokiego napięcia wykonany jest z szyn miedzianych 80 × 8 mm², rozstęp osi 310 mm, izolatory 10-kilowoltowe wsporcze typu B, odstęp między izolatorami 1500 mm, styki spawane, całkowita długość 25 m.

Jako transformatory zwarciovie obniżające napięcie zastosowano specjalnie wyprodukowane przez przemysł krajowy transformatory suche jednofazowe na 6,3/0,11 — 0,22 — 0,44 — 0,88 kV, każdy o mocy 500 kVA, z zaczeпами pierwotnymi 0, ± 5, ± 10, ± 15%. W początkowej fazie przewiduje się 6 takich transformatorów, podzielonych na dwie grupy po 3, do pra-

cy jedną lub dwiema grupami równolegle z przełącznikami Y/Δ po obu stronach. Napięcie zwarcia tych transformatorów wynosi 3,5%. Przewiduje się możliwość dalszej rozbudowy do 12 transformatorów dla osiągnięcia wyższych wartości prądów zwarciovych.

Obwód niskiego napięcia zestawiony jest jako ciąg szyn wykonany w postaci pakietu szyn miedzianych 100 × 10 mm² po dwa płaskowniki na fazę dla każdej grupy transformatorów, po 4 dla dwu grup pracujących równolegle względnie w przyskości czterech grup transformatorów. Kolejność płaskowników w pakiecie RST RST RST RST. Odstęp między szynami 50 mm. Pakiet szyn będzie miał konstrukcję specjalną. Szyny przedzielone będą przekładkami tekstolitowymi, całość ściągnięta uchwytyami lubkowymi i sworzniami gwintowanymi izolowanymi tulejami tekstolitowymi, przechodzącymi przez otwory w wystających częściach przekładek. Odstępy między osiami uchwytów i przekładek kolejnych dla układu 6-płaskownikowego 180 mm, dla 12-płaskownikowego 200 mm. Pakiety szyn wsparte są na izolatorach wsporczych R1. Długość szyn 6-płaskownikowych od transformatorów do odłączników średnio 7 m, 12-płaskownikowych 3,2 m. Długości te dotyczą połączeń do większej komory probierczej.

Jako element regulacji wielkości prądu dla prób wysokiego napięcia zastosowano dławiki betonowe na 10 kV, jednofazowe, na każdej fazie 200 A 4%, 400 A 5%, 2000 A 8% przełączane odłącznikami z napędem zdalnym pneumatycznym oraz oprn. specjalny na izolatorach 10-kilowoltowych z elementami n 3-fazowy, przełączalny od 0,03 do 1 Ω na fazę, o obciążalności jednosekundowej 13 kA przy 0,03 Ω i 1,5 kA przy 1 Ω. Elementy oporowe żeliwne wymienne. Liczba stopni oporowych około 20.

W obwodzie niskiego napięcia przewidziano odłączniki główne 3-biegunowe na 3000 A, wyłączniki bezpieczeństwa R 1-3000 A 3-biegunowe o wytrzymałości dynamicznej 200 kA_{max} i wytrzymałości cieplnej 1-sekundowej 60 kA, o zdolności wyłączenia 100 kA przy 550 V z wyzwalaczami elektromagnetycznymi zwłocznymi, z czasem nastawczym 0,3 do 3 sek. oraz z wyzwalaczem wybijakowym pośpiesznym.

Do załączania na zwarcie przewidziano specjalne wyłączniki zwarciovie R1, 3000 A, 2-biegunowe bezodskokowe, o wytrzymałości dynamicznej 200 kA_{max}, 1-sekundowej wytrzymałości cieplnej 60 kA i zwarciovym prądzie załączalnym 200 kA_{max}.

Regulację dokładną wartości prądu nastawionego przewidziano przy zastosowaniu specjalnych dławików wielozaczeponych za zakresem regulacji, od 0,25 mΩ do 300 mΩ o wytrzymałości dynamicznej 150 kA_{max} przy 0,25 mΩ, a 12 kA_{max} przy 300 mΩ oraz specjalny oprn. 3-fazowy z elementów żeliwnych przełączalny od 1 mΩ do 100 mΩ na fazę o obciążalności 1-sekundowej 75 kA przy 1 mΩ i 1 kA przy 100 mΩ.

5. Parametry obwodu zwarciovego.

O p o r n o ś c i b i e r n e. Oporność podstawowa generatora w układzie jednostek znamionowych $X_{d''} = 3,18$ Ω; oporność przejściowa wstępna $X_{d'} = 270$ mΩ ($3,8 \times 0,085 = 270$ mΩ); oporność szyn wysokiego napięcia na 1 m. b. $X = 0,332$ mΩ/m, całej długości (25 m) — $X = 8,3$ mΩ; oporność szyn wraz z aparatami $X = 15$ mΩ; oporność całkowita na fazę obwodu wysokiego napięcia $X_{wn} = 285$ mΩ.

Wartość oporności na fazę po sprowadzeniu na stronę 110 V w układzie połączeń transformatorów w trójkąt po obu stronach na zaczeapie 15% $X = 0,12$ mΩ.

Oporność znamionowa dla jednej grupy transformatorów przy układzie 110 V — Δ wynosi $X = 9,5$ mΩ; oporność zwarciovia tej grupy transformatorów przy układzie na 110 V wynosi $X' = 0,333$ mΩ; oporność zwarciovia 2 grup transformatorów dla takiego samego układu równa się $X'' = 0,166$ mΩ.

Wartość całkowitej oporności zwarcia przy zwarciu na zaciskach wtórnych transformatorów w zależności od układu ich połączeń wynosi odpowiednio:

dla układu Δ	dla układu Y
110 V — 0,29 mΩ	110 V — 0,86 mΩ
220 V — 1,16 mΩ	220 V — 3,44 mΩ
440 V — 4,61 mΩ	440 V — 13,76 mΩ
880 V — 18,56 mΩ	880 V — 55,04 mΩ

Oporność bierna 1 metra pakietu szyn niskiego napięcia dla pakietu 6-płaskownikowego wynosi 0,034 mΩ/m, dla pakietu zaś 12-płaskownikowego 0,017 mΩ/m.

Wobec przyjętego ustawienia dwu grup transformatorów w różnej odległości oporności pakietów szyn każdej grupy transformatorów są różne i wynoszą:

- dla bliżej grupy transformatorów 0,18 mΩ,
- dla dalszej grupy transformatorów 0,44 mΩ

Odcinek pakietu szyn 12-plaskownikowy — po połączeniu obydwu pakietów szyn od poszczególnych grup transformatorów — ma długość 3,2 m, a oporność jego wynosi 0,05 mΩ.

Tak więc łączna oporność ciągu szyn niskiego napięcia przy pracy jednej grupy transformatorów (3 transformatory) wynosi:

$$X_1 = 0,18 + 0,05 = 0,23 \text{ m}\Omega$$

przy pracy zaś dwu grup transformatorów (6 transformatorów)

$$X_2 = 0,05 + \frac{0,44 \cdot 0,18}{0,44 + 0,18} = 0,18 \text{ }\Omega.$$

Oporność przyrządu badanego i przyłącza na jedną fazę przyjęto 0,5 mΩ.

6. Prądy zwarciove.

Wartości początkowe symetrycznego prądu zwarciovego na zaciskach przyrządu badanego, z pominięciem oporności czynnej, dla wszystkich wariantów połączeń transformatorów i grup transformatorów podaje tabl. I.

TABLICA I. Wartości początkowe prądów zwarciowych

Układ	Napięcie fazowe (V)	Oporność bierna całkowita: szyny w. n., szyny n. n., przyrząd badany i przyłącze (mΩ)		Wartość początkowa prądu zwarciovego (kA)	
		jedna grupa transformatorów	dwie grupy transformatorów	jedna grupa transformatorów	dwie grupy transformatorów
110 Δ	74,7	1,18	0,97	63,3	77,0
220 Δ	149,5	2,53	1,84	59,1	81,3
440 Δ	299	7,93	5,32	37,7	56,2
880 Δ	598	29,53	19,24	20,3	31,1
110 Y	129,5	2,09	1,54	62	84,0
220 Y	259	6,17	4,12	42	60,8
440 Y	518	22,49	14,44	23	35,8
880 Y	1036	67,77	55,72	15,3	18,6

Największe wartości osiąganych prądów zwarciowych otrzymuje się dla układu 110 Δ, tj. przy napięciu fazowym 74,7 V mianowicie 77 kA; przy układzie 220 Δ i napięciu fazowym 149,5 V prąd zwarciowy wynosi 81,3 kA, przy układzie zaś 110 Y i napięciu fazowym 129,5 V — 84 kA. Przez przewzbudzenie generatorów wartości te można powiększyć o ~ 6%, osiągając odpowiednio trzy wartości: 81,6 kA, 86,2 kA i 89 kA.

Dla największej wartości początkowej prądu zwarcia wynoszącego 89 kA można osiągnąć teoretycznie największą wartość amplitudy niesymetrycznego prądu zwarciovego, wartość udarową $I_{ud \text{ max}} = 1,8 \cdot \sqrt{2} \cdot 89 = 226 \text{ kA}$.

7. Wartość prądu wyłączeniowego, symetrycznego.

Wartość prądu wyłączeniowego symetrycznego przy 550 V i $\cos \varphi = 0,3$ dla jednej grupy transformatorów wynosi około 38,2 kA. Wartość tę można osiągnąć w układzie 440 Y dla napięcia fazowego, wynoszącego prawie dokładnie 550 V, przez przewzbudzenie generatora (299 V · $\sqrt{3} \cdot 1,06$) przy zasilaniu jednej grupy transformatorów na zaczepach — 15%.

Dla dwu grup transformatorów wartość początkowa największego prądu wyłączeniowego symetrycznego wynosi około 57 kA. Układ połączeń obu grup i zasilanie transformatorów jak poprzednio.

Wartości prądu wyłączeniowego po czasie własnym wyłącznika, przyjętym jako 0,2 s i 0,4 s, przy uwzględnieniu tłumienia dla przytoczonych wyżej wartości początkowych największego prądu wyłączeniowego, podaje tabl. II.

Dla osiągnięcia żadanego współczynnika mocy w obwód włączone są oporności indukcyjne i czynne z możliwością ich przełączania. Dla obwodu niskonapięciowego zaprojektowano specjalny dławik wielozaczepowy oraz opornik na prądy do 100 kA.

TABLICA II. Wartości prądu wyłączeniowego

Wartość początkowa maksymalnego prądu wyłączeniowego	Wartość prądu po czasie	
	0,2 s	0,4 s
38 kA	28,6 kA	21,5 kA
57 kA	43 kA	32,2 kA

8. Sterowanie i zabezpieczenia.

Zestawienie układu dla założonych warunków wykonania próby odbywa się przez załączanie lub przełączanie odpowiednich odłączników w ciągu szyn wysokiego i niskiego napięcia, przez przełączanie uzwojenia stojana generatora i przełączanie transformatorów obniżających napięcie.

Przełączanie uzwojenia stojana z gwiazdy w trójkąt wykonywa się ręcznie przy użyciu wyżej wymienionych odcinków szyn. Również ręcznie przełącza się zaczepy transformatorów. Wtrącanie w obwód zwarciovy dławików wysokiego napięcia lub wyłączanie ich wykonywa się odłącznikami o napędzie pneumatycznym sterowanymi z pulpitu nastawni. Łączenie grup transformatorów, przełączenia ich dla zestawienia układu Y lub Δ odbywa się również odłącznikami z napędem pneumatycznym.

Poza łącznikami, które wymagają manipulacji ręcznych, pozostałe łączniki pozwalają — dzięki zastosowanej sygnalizacji kontrolnej — na wzrokowe kontrolowanie prawidłowości zestawienia układu na pulpicie nastawczym przez lampki kontrolne i centralkę przekaźników sygnalizacyjnych kłapkowych.

Dla stworzenia bezpiecznych warunków pracy i zapobieżenia pomyłkom, mogącym spowodować uszkodzenia i przerwy w pracy zwarciowni, wprowadzono blokadę elektryczną manewrowania napędami zdalnymi.

Blokada elektryczna poszczególnych napędów łączników obwodu wysokiego i niskiego napięcia oraz rozruch poszczególnych maszyn uzależniają możliwość kolejnych łączy w ściśle określonym porządku od uprzedniego wykonania niezbędnych czynności mających na celu bezbłędne przygotowania obwodu do próby.

Tak np. rozruch silnika napędzającego generator jest możliwy tylko wówczas, kiedy spełniono wszystkie warunki konieczne dla jego właściwej pracy. Włączenie „złącznika zwarciovego” możliwe jest tylko wówczas, gdy układ przewidziany dla danych warunków próby jest zestawiony, gdy odłącznik główny (stwarzający konieczną przerwę izolacyjną) jest włączony, gdy wyłącznik bezpieczeństwa jest również włączony.

Dopiero po wykonaniu wszystkich tych czynności w kolejności przepisanej może być uruchomiony impulsator wahadłowy, podający impulsy sterujące w odpowiednim cyklu wykonywanej próby.

Dla zabezpieczenia generatora zastosowano szereg układów.

Zabezpieczenie stojana przewidziano dla następujących zakłóceń (rys. 1):

- a) zwarcia doziemne — przekaźnik nadmiarowo-napięciowy prądu zmiennego RE4 oraz przekaźnik sygnałowy kłapkowy RA3 na prąd roboczy;
- b) zwarcia wewnętrzne w uzwojeniu stojana — przekaźnik różnicowy RQS2, RQS3, przekaźnik pomocniczy RU35 oraz przekaźnik sygnałowy kłapkowy RA3;
- c) zwarcia zewnętrzne (długotrwałe zwarcia) — przekaźnik nadmiarowo-prądowy czasowy RSZ3f, przekaźnik pomocniczy RU33 i przekaźnik sygnałowy kłapkowy RA3;
- d) przeciążenie generatora (do wykorzystania w przypadkach specjalnych) — przekaźnik nadmiarowo-czasowy RSZ3f i przekaźnik sygnałowy kłapkowy RA3.

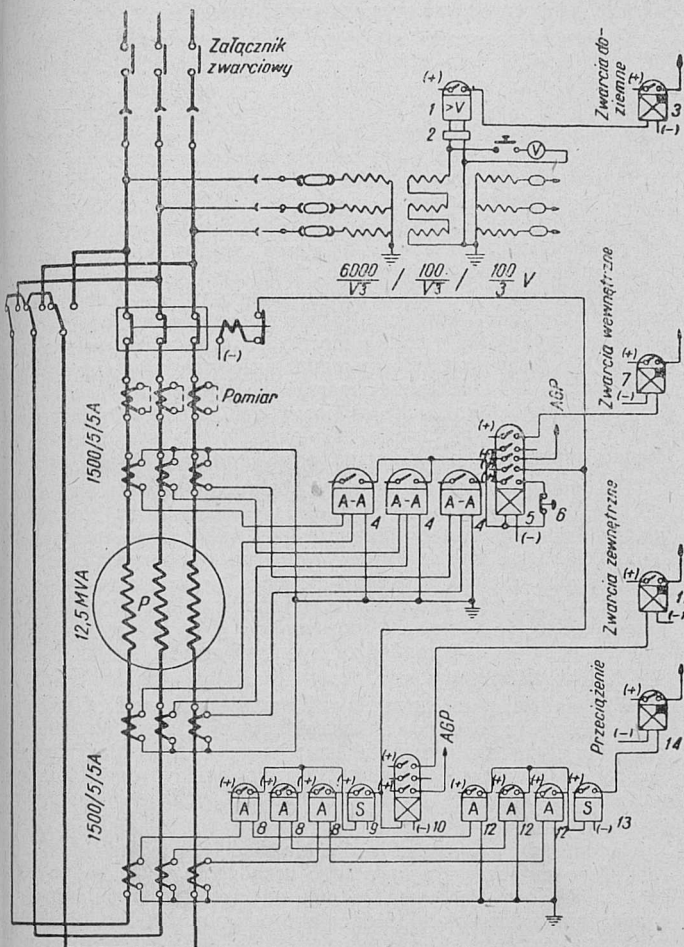
Zabezpieczenie wirnika (rys. 2):

- a) od podwójnych zwarc z ziemią — przekaźnik nadmiarowo-prądowy bezzwłoczny RSf, przerobiony w układzie specjalnym z przekładnikiem prądowym do zasilania uzwojenia kompensacyjnego, z dławikiem i potencjometrem oraz z przetwornikiem czasowym RSf, przekaźnik pomocniczy RU35 i przekaźnik sygnałowy kłapkowy RA3 na prąd roboczy;
- b) od pojedynczych zwarc z ziemią (rys. 3) przekaźnik nadmiarowo-napięciowy o dużej oporności wewnętrznej RENp i przekaźnik sygnałowy kłapkowy RA3.

Do odwzbudzenia prądnicy w przypadku zakłóceń zastosowano układ samoczynnego gaszenia pola z wyłącznikiem dwu-

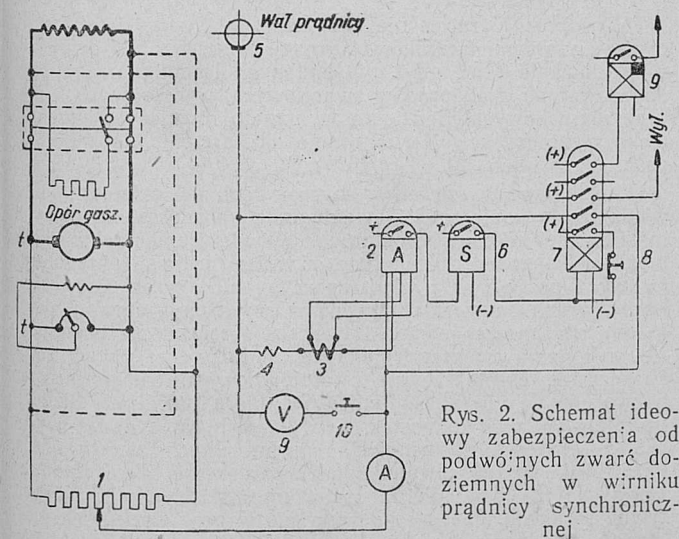
biegunowym prądu stałego (1500 V, 5000 A), z pomocniczym wyłącznikiem jednobiegunowym do włączenia w obwód wzbudzący odpowiedniego oporu (rys. 4).

Silnik napędowy prądnicy zwarciowej (rys. 5) zabezpieczono w następujący sposób:



Rys. 1. Schemat ideowy zabezpieczenia stojana prądnicy zwarciowej

- 1, 2 — przełącznik RE4 z oporem dodatkowym
3, 7, 11, 14 — przełączniki RA3
4 — przełączniki ROS2 i ROS3
5, 10 — przełączniki RU35
6 — przycisk
8, 12, 13 — przełączniki RSZ3f w wykonaniu specjalnym
9 — przełącznik zwłoczny



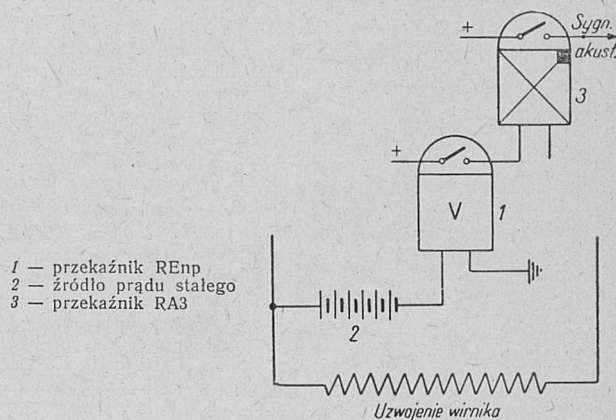
Rys. 2. Schemat ideowy zabezpieczenia od podwójnych zwarć doziemnych w wirniku synchronicznej

- 1 — potencjometr
2, 6 — przełącznik RSf, wykonanie specjalne
3 — przełącznik do zasilania uzwojenia kompensacyjnego
4 — opór
5 — dodatkowa szczotka na wale prądnicy
7 — przełącznik RU35
8, 10 — prz. ciski
9 — przełącznik RA3

- a) od zwarć — przełącznik nadmiarowo-prądowy RJ4, przełącznik pomocniczy RU33 i przełącznik sygnałowy RA3;
b) od przeciążeń — przełącznik cieplny o stałej czasowej 20 min. RJzt i przełącznik sygnałowy RA3;
c) od zwarć doziemnych (sygnalizacja) — przełącznik nadmiarowo-napięciowy REN4 i przełącznik sygnałowy klapkowy RA3;
d) od długotrwałych zaników napięcia na szynach — przełącznik nadmiarowo-napięciowy REP4, przełącznik czasowy R2f, przełącznik pomocniczy RU35 i przełącznik sygnałowy klapkowy na prąd roboczy RA3.

9. Układ pomiarowy.

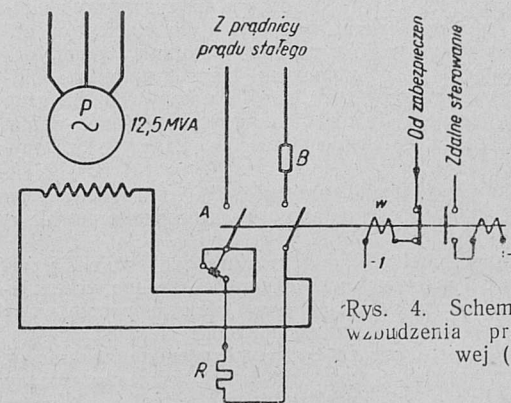
Dla pomiaru wartości mierzonych przy próbach zwarciowych zastosowano — ze względu na konieczność rejestrowania i analizy tych wartości — oscylograf elektromagnetyczny pętlicowy.



Rys. 3. Schemat urządzenia do sygnalizacji pojedynczych zwarć z ziemią w wirniku generatora

Zastosowany 9-pętlicowy oscylograf umożliwia jednoczesną rejestrację wielu przebiegów oraz zdalne sterowanie zdjęć. Do sprzęgnięcia obwodu pętliczek oscylografu z obwodem zwarciowym będą użyte przekładniki i boczniki.

Pomiar natężenia prądu będzie wykonywany według metody pomiarów wielkich prądów, opracowanej w Zakładzie Wielkich Mocy Instytutu Elektrotechniki (rys. 6). W układzie tym bocznik



Rys. 4. Schemat ideowy odwzrostu prądnicy zwarciowej (AGP)

znajduje się między przyrządem badanym a uziemionym punktem zwarcia. Układ ten jest korzystny ze względu na to, że bocznik jest zawsze jednym punktem uziemionym. Tak umieszczony bocznik w układzie pozwala na rejestrację — przy użyciu oscylografu — wartości chwilowych natężenia prądu zwarciowego w poszczególnych fazach, natomiast w przypadku zwarcia międzyfazowego na przyrządzie badanym układ ten nie daje możliwości zarejestrowania jego przebiegu.

Ponieważ wielkości prądu zwarciowego w przypadku zwarcia międzyfazowego na przyrządzie badanym są również bardzo interesujące dla konstruktora, w obwód zwarciowy przed przyrządem badanym włączono przekładniki. Taki układ pozwala na duży stopień bezpieczeństwa przed uszkodzeniem izolacji — zwykle niezbyt wysokiej — oscylografu i ewentualnym porażeniem elektrycznym obsługi.

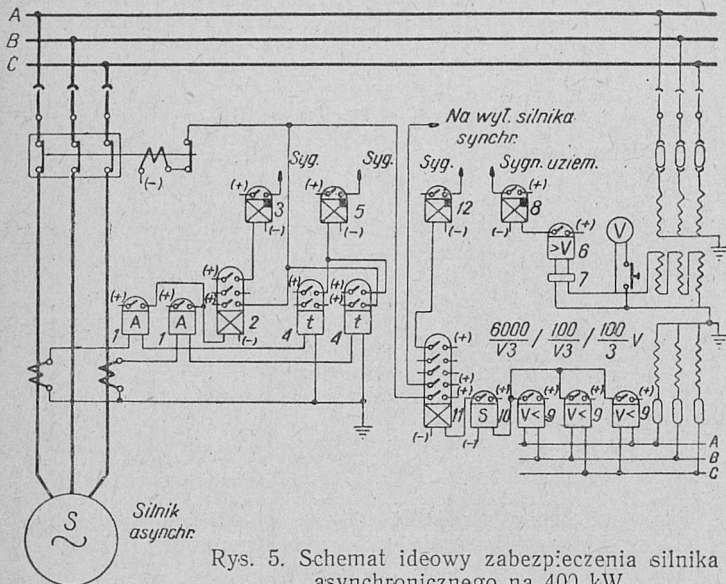
Ponadto wiele innych względów ściśle elektrycznych, jak uniknięcie zniekształceń przebiegu rejestrowanego, spowodowanych wpływami ubocznymi, które zawsze występują przy pomiarach wielkich prądów, zwłaszcza charakteru udarowego,

wskazywało na przyjęcie układu opisanego w referacie mgr inż. A. Podgórskiego „Niektóre zagadnienia techniki pomiarowej przy próbach zwarciovych”.

10. Przebieg próby.

Dla przykładu niech posłuży opis wykonywania próby mocy wyłączalnej łącznika niskiego napięcia.

Łącznik mocuje się na specjalnym stojaku w komorze probierczej. Zaciski dopływowe łączy się z zakończeniem pakietu szyn niskiego napięcia, wprowadzonym do komory. Zaciski odpływowe łączy się ze sztucznym uziemionym punktem zwarcia. Pomiedzy zaciski odpływowe a punkt zwarcia włączony jest bocznik do rejestracji przebiegu prądu zwarciovego.



Rys. 5. Schemat ideowy zabezpieczenia silnika asynchronicznego na 400 kW

- | | |
|------------------------------|--------------------------|
| 1 — przekaźnik RJ4 | 6 — przekaźnik REN4 |
| 2, 11 — przekaźnik RU35 | 7 — opór |
| 3, 5, 8, 12 — przekaźnik RA3 | 9 — przekaźnik REp4 |
| 4 — przekaźnik RJzt | 10 — przekaźnik zwłoczny |

Ustala się układ, dobrany do założonych parametrów próby, a więc napięcia, wartości prądu wyłączalnego, wartości $\cos \varphi$ oraz cyklu prób. Doboru układu dokonuje się z krzywych i tabel, podających sposób łączenia poszczególnych elementów obwodu, a więc układ połączenia uzwojeń stojana generatora zwarciovego, połączenia pojedynczych transformatorów obniżających w Y czy Δ , zaczepty tych transformatorów, układ grup transformatorów, zaczepty dławika i opornika niskiego napięcia. Następnie zestawia się obwód pomiarowy i łączy go z oscylografem.

Po dokonaniu powyższych przygotowań kontroluje się na pulpicie sterującym zgodność układu ze schematem przewidzianym dla danej próby.

Po odpowiednim przełączeniu generatora zachowuje się następującą kolejność poszczególnych czynności, związanych z jego uruchomieniem: uruchamia się pompy olejowe, pompę wody chłodzącej, przewietrznik itd., następnie silnik napędzający generator; prawidłowy rozruch zapewnia rozrusznik programowy. Po osiągnięciu właściwej liczby obrotów, co wskażą przyrządy na pulpicie, włącza się odłącznik izolujący i wzbudza generator z uruchomionego uprzednio zespołu wzbudnic. Skoro osiągnie się właściwy prąd wzbudzenia i napięcie biegu luzem generatora, złącza się wyłącznik bezpieczeństwa o odpowiednio nastawionym czasie, a następnie — przy zachowaniu odpowiednich przepisów bezpieczeństwa, jak opuszczenie maszynowni przez znajdujących się tam pracowników — wyciąga się obwód zasilania silnika napędzającego i złącza się impulsator wahadłowy, dający impulsy dla właściwego przebiegu próby. Impulsator zamyka obwód sterujący łącznikiem zwarciovym. Moment zamknięcia „łącznika zwarciovego” sterowany jest przez elektronywy wybiornik fazowy, który daje impuls sterujący we właściwej fazie napięcia. Jednocześnie impulsator uruchamia oscylograf dla zarejestrowania przebiegu próby.

W przypadku, gdy wyłącznik badany nie wyłączy prądu zwarciovego, zadziała wyłącznik bezpieczeństwa, którego otwarcie sterowane jest odpowiednim stykiem impulsatora.

Próby w cyklu mogą być wykonywane przez odpowiednio uruchomienie impulsatora wahadłowego za pomocą przekaźnika programowego.

11. Eksploatacja w pierwszym okresie.

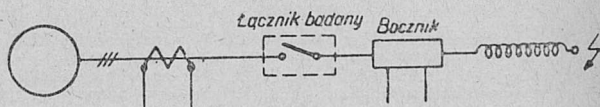
Opisana wyżej zwarciovnia niskonapięciowa będzie u nas pierwszą większą pracownią tego rodzaju, opartą na obrotowym źródle prądu. Toteż do eksploatacji jej Instytut Elektrotechniki przystąpi ze szczególną ostrożnością, zwłaszcza w pierwszym okresie jej pracy, uważanym za okres rozruchowy.

Pomimo staranności w obliczeniach przy przeróbce prądnic oraz budowie transformatorów można spodziewać się pewnych — wynikłych wskutek niedoświadczenia — uchybień, które mogą odbić się ujemnie na późniejszej pracy tych urządzeń. Wobec tego planuje się niewyzyskiwanie całkowitej mocy urządzeń w pierwszym okresie. Eksploatacja powinna rozpocząć się od najmniejszych zakresów prądów zwarciovych dla różnych napięć i przechodzić powoli i ostrożnie do większych wartości. Jednocześnie będą sprawdzane wyniki powstających sił dynamicznych oraz termicznego działania prądów. Jako specjalnie czule miejsca można wymienić połączenia czołowe prądnic i wyprowadzenia z transformatorów po stronie dolnego napięcia. Połączenia czołowe prądnic wzmocniono w sposób, który zdaje się wykluczać wszelką możliwość przesunięcia wskutek dających się przewidzieć sił dynamicznych, natomiast transformatory muszą być specjalnie bacznie obserwowane. Transformatory wykonano jako suche m. in. w celu ułatwienia ich obserwacji; w pierwszym okresie eksploatacji będą one musiały podlegać dokładnym oględzinom po wykonaniu każdego zwarcia.

Dla uniknięcia pomyłek przy obsłudze przewidziano możliwość najdalej idącą automatyzację całego procesu sterowania, jednak szereg połączeń trzeba będzie wykonywać ręcznie. Dla uniknięcia wszelkich pomyłek zamierzono sporządzenie tabel układów dla wszystkich wartości napięć i prądów zwarciovych, jednak wykonanie tego jedynie na podstawie obliczeń byłoby przedwczesne i mogłoby doprowadzić do poważnych błędów, wobec czego konieczne będzie systematyczne przeskalowanie wszystkich obwodów.

W zasadzie praca zwarciovni ma się odbywać w układzie Bressona, tj. z eliminowaniem składowej stałej. W tym celu przewiduje się zastosowanie lampowego urządzenia, pozwalającego na załączenie obwodu zwarciovego w dowolnej fazie napięcia. Urządzenie to będzie musiało podlegać szczególnie pieczołowitej kontroli.

Automatyka przebiegu prób ma być sterowana impulsatorem. Jako najpewniejszy typ tego urządzenia wybrano impulsator wahadłowy. Porównaj jednak od pewności działania tego urządzenia zależy działanie całego układu, trzeba mu będzie poświęcać szczególną uwagę, zwłaszcza w pierwszym okresie pracy zwarciovni.



Rys. 6. Układ do pomiaru natężenia prądu

Aby okres rozruchu nie był nieproduktywny, należy go łączyć z badaniami łączników. Wymaga to szczególnie dokładnego rozplanowania prac, gdyż typ badanego łącznika trzeba będzie dopasować do skali prądów zwarciovych, wynikających z planu prac rozruchowych. Będzie to wymagało również od przemysłu elektrotechnicznego terminowego dostarczenia łączników do prób.

Przeskalowanie obwodów zwarciovych da ostateczną odpowiedź co do konieczności ewentualnego powiększenia mocy zainstalowanej w transformatorach. Powiększenie takie będzie możliwe dwiema drogami: przez wymianę jednostek transformatorowych na jednostki większego typu albo przez powiększenie liczby grup transformatorowych. Oczywiście, pierwsza droga byłaby właściwsza, jednak dotychczas przemysł nie podejmował się wykonania większych jednostek. Można oczekiwać, że doświadczenie eksploatacyjne z prototypowymi transformatorami pozwoli na wyciągnięcie wniosków, które umożliwią skonstruowanie większych jednostek, a w każdym razie dadzą wystarczający materiał do usunięcia ewentualnych błędów obecnej konstrukcji. Można również spodziewać się, że tak zaplanowane stopniowe uruchomienie laboratorium niskich napięć da pozytywne rezultaty, pozwoli na wykrycie w porę wszystkich niedomagań urządzenia i uniknięcie poważniejszych uszkodzeń. Jednocześnie będzie ono poważną szkołą dla personelu pomocniczego laboratorium i pozwoli na zebranie cennego doświadczenia do uruchomienia znacznie poważniejszego zakładu — zwarciovni wysokonapięciowej.

MGR INŻ. ZB. WOYNAROWSKI
Centr. Zarz. Przem. Masz. Elektr.

Normalizacja łączników przemysłowych rozdzielczych i nastawczych

658.516:621.316.5.002

Treść. Z charakterystycznych cech łączników przemysłowych wynikają potrzeby i zadania ich normalizacji. Krótki przegląd wymagań, stawianych przepisom ogólnym oraz normom szczegółowym i pomocniczym, wskazuje kierunek prac normalizacyjnych oraz drogę ich realizacji.

Стандартизация промышленных выключателей. Из характерных черт этих аппаратов вытекают необходимость и задачи их стандартизации. Краткий обзор требований, предъявляемых по отношению к общим правилам и нормам — подробным и вспомогательным, указывает направление работ по стандартизации и способ введения ее в жизнь.

Standardisation of industrial switches. The characteristic features of industrial switches are revealing the need for and outlining the tasks of their standardisation. A brief review of requirements to be provided for in general regulations, detailed and auxiliary standard specifications indicates the course to be pursued by standardisation tasks and the means of implementing them.

1. Łączniki przemysłowe.

Łączniki służące do rozdzielu i kierowania energii elektrycznej w procesach przemysłowych nazywamy łącznikami przemysłowymi. Łączniki te stosuje się w elektroenergetycznych sieciach przemysłowych i komunalnych prądu trójfazowego o napięciu nie przekraczającym 1000 V oraz w przemysłowych i trakcyjnych sieciach prądu stałego o napięciu nie przekraczającym 3000 V. Do łączników przemysłowych zalicza się również łączniki nastawcze do silników prądu zmiennego na napięcia nie przekraczające 10 000 V, gdyż napięcie to stanowi praktycznie górną granicę napięć silnikowych.

Pojęciem łączników niskonapięciowych można określać jedynie łączniki na napięcia nie przekraczające 250 V względem ziemi, a więc napięcia stosowane w instalacjach bytowych. Do grupy łączników niskonapięciowych należą również łączniki stosowane w instalacjach samochodowych, lotniczych, w sygnalizacji kolejowej itp. Podział tego rodzaju spotyka się już w szeregu nowszych przepisów ogólnych dla łączników przemysłowych.

2. Cechy charakterystyczne łączników przemysłowych.

Łączniki przemysłowe odznaczają się kilkoma charakterystycznymi cechami. Są to: a) wielka różnorodność odmian konstrukcyjnych (rodzajów i typów); b) szerokie stopniowanie wielkości w obrębie poszczególnych odmian; c) praca w ciężkich warunkach przemysłowych; d) obsługa przez personel elektrotechniczny nie wyszkolony; e) szerokie rozpowszechnienie i wielostronne zastosowanie; f) tworzenie zespołów aparatów zawierających niejednokrotnie wielką liczbę łączników powiązanych elektrycznie i mechanicznie.

Na podstawie przytoczonych cech charakterystycznych normalizacja łączników ma szereg zadań: a) opracowanie przepisów ogólnych budowy i użytkowania łączników przemysłowych; b) opracowanie norm szczegółowych dla poszczególnych typów i odmian; c) normalizację wymiarów, wielkości i danych znamionowych, związanych ze współdziałaniem łączników i tworzeniem zespołów łącznikowych; d) ujęcie w szczegółowe przepisy typowych metod pomiarów, prób odbiorczych i wymagań technicznych, odtwarzających w sposób znormalizowany charakterystyczne warunki przemysłowe; e) ujednolicenie symboli, oznaczeń i metod rysowania dokumentacji schematowej; f) normalizację technicznej dokumentacji dodatkowej, jak instrukcje obsługi, montażu, atesty, spisy części wymiennych i zapasowych itp.

3. Przepisy ogólne.

Analogicznie do normy PN/E-06100, obejmującej przepisy ogólne na łączniki rozdzielcze do sieci przesyłowych o napięciu od 3000 V wzwyż, zachodzi niewątpliwie potrzeba opracowania podobnych przepisów ogólnych dla łączników przemysłowych.

Można tu będzie oprzeć się częściowo na nowszych przepisach francuskich (U. S. E. Publ. 45—I oraz PrJ 73-000) i niemieckich (VDE 0660/12.52). Normy radzieckie GOST nie za-

wierają osobnych przepisów ogólnych dla łączników przemysłowych. Natomiast w szeregu bogato opracowanych norm szczegółowych, na poszczególnych rodzajach łączników mieszczą się cenne doświadczenia radzieckiego przemysłu, które będą w ujęciu syntetycznym wykorzystane przy tworzeniu polskich przepisów ogólnych na aparaty przemysłowe.

Ważnym czynnikiem normalizacyjnym przepisów ogólnych będzie uporządkowanie pojęć i terminologii. Dlatego też w tworzeniu tych przepisów duża odpowiedzialność za stronę terminologiczną będzie spoczywać na Centralnej Komisji Słownictwa Elektrotechnicznego (CKSE). Zagadnienie poprawnego słownictwa w dziedzinie łączników przemysłowych było aktualne również i za granicą. Przykładem mogą tu być VDE 0660/12.52, w których wiele dotychczas ułatwych niewłaściwych określeń, często zaczerpniętych z literatury reklamowej, usunięto i zastąpiono zupełnie nowymi, logicznymi i starannie sformułowanymi określeniami.

4. Zakres i budowa przepisów ogólnych.

Przepisy ogólne są podwaliną pod normy szczegółowe, które w naszym przemyśle są głównym czynnikiem kontroli jakości. Dlatego też tematem przepisów ogólnych będą zagadnienia wspólne dla wszystkich łączników lub obejmujące większe grupy określonych odmian konstrukcyjnych. W szczególności tematem przepisów będą łączniki rozdzielcze i nastawcze, w tym również bezpieczniki mocy, będące niewątpliwie typowym łącznikiem o charakterze przemysłowym.

5. Klasyfikacja łączników.

Przepisy rozpoczyna klasyfikacja i podział łączników. Należy podkreślić, że podział według ściśle jednego kryterium jest niemożliwy i niecelowy. Łączniki przemysłowe można klasyfikować według różnych pojęć. Oto przykłady:

a) podział łączników stosownie do podstawowej ich właściwości, jaką jest zdolność łączeniowa: łączniki izolacyjne (odłączniki), łączniki robocze, łączniki zwarciowe;

b) podział stosownie do budowy: łączniki drążkowe, płytkowe, walcowe, stycznikowe, zapadkowe (zamkowe), bezpieczniki;

c) podział stosownie do charakteru pracy: nastawcze (manewrowe) — sterownicze i silnikowe, oraz rozdzielcze;

d) podział stosownie do warunków otoczenia: kopalniane, hutnicze, morskie, trakcyjne itp.

Ponieważ podobnych podziałów klasyfikacyjnych można wysunąć bardzo wiele, rzeczą przepisów jest uwypuklenie podstawowych i wskazanie na typowe metody wiązania poszczególnych cech dla prawidłowego zaklasyfikowania łącznika. Tak np. sterownik hutniczy jest hutniczym łącznikiem roboczym, manewrowym, nastawczym, stycznikowym.

6. Napięcia znamionowe.

Jednym z ważnych zagadnień przepisów ogólnych będzie zestawienie napięć znamionowych roboczych i napięć znamionowych izolacji oraz odpowiadających im napięć probierczych.

Należy zwrócić uwagę na napięcie 500 V pr. zm. powszechnie stosowane w górnictwie i hutnictwie oraz na napięcie

TABLICA 1. Znamionowe napięcia robocze, izolacji i probiercze łączników przemysłowych w woltach (wg VDE 0660/12.52)

U znamionowe robocze	pr. st.	24	60	110	220	440	600	800*	1200	1500	2400	3000	—	—
	pr. zm.	—	—	125	220	380	500	—	1000	—	—	3000	6000	10000
U znamionowe izolacji	pr. st.	—	—	110	—	440	600	800	1200	1500	2400	3000	—	—
	pr. zm.	—	—	125	—	380	500	750**	1000	1500**	2000**	3000	6000	10000
U probiercze		—	—	2000	—	2500	2500	3000**	3500	5000**	7000**	10000	20000	30000

Grubym drukiem podano wartości zalecane

* tylko dla trakcji (nie zalecane)

** tylko napięcia wirnikowe

1000 V wprowadzane obecnie w Związku Radzieckim do elektrotaktorów oraz w kopalnictwie naftowym.

Między napięciem roboczym 1000 V pr. zm. a napięciem 3000 V pr. zm. winny znaleźć się uprzywilejowane wartości napięć wirnikowych. Rząd napięć znamionowych dla łączników manewrowych na prąd zmienny rozszerzy się o wartości 3000, 6000 i 10000 V. W tabl. I zestawiono na podstawie VDE 0660/12.52 szereg znamionowych napięć roboczych, izolacji i probierczych dla łączników przemysłowych.

7. Obciążalności znamionowe.

Przy ustalaniu zalecanego rzędu obciążalności znamionowych zajdzie konieczność znalezienia właściwego kompromisu między ciągiem zasadniczym liczb normalnych R 10, stosowanym

TABLICA II. Porównanie obciążalności znamionowych (w amperach)

Ciąg R10	15	25	40	60	100	200	400	600	1000	1600	2000	2500	3200
Ciąg radziecki			40	75	100	150	300	600	1000	1500	2000	—	3000

w wyłącznikach zwarciovych, i radzieckim ciągiem obciążalności, według którego budowana jest w kraju aparatura manewrowa prądu stałego wzorowana na konstrukcjach radzieckich (tabl. II).

8. Trwałość mechaniczna.

Celowe wydaje się wprowadzenie podziału łączników na klasy stosownie do wymaganej trwałości mechanicznej oraz

TABLICA III. Podział łączników na klasy według wymaganej trwałości mechanicznej i elektrycznej oraz znamionowej częstości łączeń.

A	Rodzaj ruchu	$I_n \leq 500 \text{ A}$	$I_n \leq 1600 \text{ A}$	$I_n > 1600 \text{ A}$	
		Trwałość mechaniczna (liczba łączeń)			
		5 000	2 500	1 000	
		30 000	15 000	nie normaliz.	
		180 000	75 000	„ „	
		3 000 000	1 000 000	„ „	
Rozdzielczy Nastawczy zwykły „ średni „ ciężki		Trwałość elektryczna (liczba łączeń) przy $U_{\text{powr}} = U_n$ i $\cos\varphi = 1$			
		1 000	500	200	
		6 000	3 000	nie normaliz.	
		36 000	15 000	„ „	
		750 000	250 000	„ „	
B	Trwałość mechaniczna (liczba łączeń)	Trwałość elektryczna (liczba łączeń)	Znamionowa częstość łączeń w ciągu		
Klasa			60 min.	3 min.	2 min.
A	1 000	50	10	10	—
B	10 000	500	10	10	—
C	100 000	5 000	50	—	30
D	1 000 000	50 000	500	—	100
E	10 000 000	500 000	3 000	—	200

określenie znamionowej częstości łączeń — przeciętnej i chwilowej (tabl. III A według przepisów francuskich i tabl. III B według przepisów niemieckich).

9. Łączalność.

Jednym z najważniejszych zadań nowych przepisów musi być uporządkowanie zagadnienia łączalności, ściśle określenie wymagań i ustalenie warunków prób. Jest to szczególnie ważne dla łączników zwarciovych i dla łączników nastawczych silnikowych. W pierwszym przypadku pożądane jest ustalenie szeregu wyłączalności znamionowych w stosunku np. do napięcia 500 V przy prądzie trójfazowym. Proponowane stopniowanie objęłoby wartości podane w tabl. IV.

Dla łączników zwarciovych pr. zm. konieczne będzie uszeregowanie wyłączalności zwarciovych oparte na znormalizowanym szeregu mocy transformatorów energetycznych. W przepisach można będzie również ująć powiązanie bezpieczników mocy z wyłącznikami zwarciovymi, a wyłączników zwarciovych z dynamiczną i cieplną wytrzymałością łączników roboczych. Po-

zwoli to na takie wzajemne uszeregowanie łączników roboczych, wyłączników zwarciovych i bezpieczników mocy, żeby we wszystkich spotykanych warunkach było osiągnięte pełne bezpieczeństwo zwarciove urządzeń. Tabl. V podaje przykład wyzyskania bezpieczników mocy do ograniczania prądów zwarciovych, aby można było zastosować za nimi wyłączniki o mniejszej wyłączalności.

Dla łączników nastawczych silnikowych ustalenie roboczych zdolności łączeniowych w znormalizowanym szeregu ułatwi prawidłowy dobór łączników. Pożądane jest, żeby oznaczenie roboczej wielkości łączeniowej styczników i łączników walcowych lub zapadkowych odpowiadało zawsze tej samej mocy określonego rodzaju silnika przy określonym napięciu sieci i określonej częstości łączeń.

Ułożenie szeregu wielkości łączeniowych powinno opierać się na znormalizowanej serii silników. Przez powiązanie wielkości łączeniowych z mocami silników będzie usunięta możliwość mylnego doboru łącznika. Zniknie też może bałamutne oznaczanie łączników nastawczych ich obciążalnością znamionową*).

10. Wyzwalacze i przełączniki łączników.

Dla samoczynnych urządzeń wyzwalających związanych z łącznikami potrzebne jest wyraźne podanie granicznych wartości powodujących zadziałanie, przebieg charakterystyk i do-

TABLICA IV. Wyłączalność znamionowa i graniczna wyłączników zwarciovych dla prądu trójfazowego

Rząd zwarciovy przy 500 V pr. trójf.	W5	W10	(W15)	W25	W40	W70	W100
Wyłączalność znamionowa (kA)	5	10	15	25	40	70	100
Wyłączalność graniczna minimum (kA)	6	12,5	19	31	50	90	125

puszczalne uchyby. Szczególnie dotyczy to wyzwalaczy i przełączników zwłocnych nadprądowych oraz bezpieczników mocy z charakterystyką szybką lub zwłoczną.

11. Osłony.

Przepisy ogólne powinny podać klasyfikację osłon i ich cechy charakterystyczne.

12. Wyposażenie.

Odpowiednie zalecenia przepisów ogólnych powinny przyspieszyć normalizację wymiarową i normalizację danych znamionowych poszczególnych elementów składowych wyposażenia łączników, zwłaszcza wyposażenia związanego. Normalizacja napięć znamionowych silnikowych i elektromagnetycznych napędów, ciśnienia powietrza do łączników pneumatycznych, napięcia obwodów sterowniczych, obciążalności i łączalności łączników pomocniczych, rodzajów i oznaczeń wskaźników położenia styków, zestawów zacisków, przyłączowych do obwodów pomocniczych i wiele innych — na pozór drobnych — uproszczeń przyczynią się niezawodnie do dalszego rozpowszechnienia budowy kostkowej łączników z wyposażeniem.

13. Uwagi do przepisów ogólnych.

Przepisy ogólne powinny w poszczególnych punktach ujmować charakterystyczne wymagania techniczne dla łączników przemysłowych w wykonaniach specjalnych, w szczególności łączników morskich, kopalnianych, przeciwwybuchowych i trakcyjnych pojazdowych. Ujęcie wymagań specjalnych równoległe z przepisami ogólnymi ułatwi budowę łączników o zastosowaniu uniwersalnym.

Ze względu na rosnące zastosowanie prądu stałego w specjalnych napędach przemysłowych, układach automatyki napędów oraz do celów trakcyjnych i elektrochemicznych należy

*) Por. Woynarowski Zb. Łączniki niskonapięciowe (Przegl. Elektr., 1953, zes. 4, str. 158—164).

oczekiwać, że w przepisach będą w pełni uwzględnione charakterystyczne wymagania związane z prądem stałym.

Opracowanie przepisów ogólnych nie jest zadaniem łatwym. Ostatnie lata przyniosły wprawdzie w literaturze światowej kilka nowych cennych pozycji, dotyczących łączników przemysłowych. Bezpośrednie ich przyjęcie byłoby, oczywiście, niewłaściwe. Przepisy ogólne muszą uwzględniać postępy techniczny w konstrukcji i technologii łączników, lecz nie mogą być oderwane od rzeczywistych warunków produkcyjnych i zbyt daleko odbiegać od przyjętych metod i zwyczajów. W żadnym przypadku nie powinny one stać się przyczyną zatorów produkcyjnych.

Opracowanie przepisów ogólnych należy poprzedzić zebraniem jak największej ilości materiału porównawczego w postaci tymczasowych norm szczegółowych oraz orientacyjnych wymagań technicznych na poszczególne wyroby.

Zakłady wytwórcze, opracowujące takie normy i wymagania, będą je na pewno dostosowywały do dostępnych warunków technologicznych i odbiorczych. Normy tymczasowe, uzgodnione z użytkownikami oraz skonfrontowane z normami GOST i przepisami zagranicznymi, będą stanowić rzeczowy materiał do opracowania przepisów ogólnych pożytecznych dla gospodarki narodowej.

14. Normalizacja typowych prób kontrolnych.

Szczegółowe przepisy normalizujące metody wykonywania prób kontrolnych są niezbędnym uzupełnieniem przepisów ogólnych budowy i eksploatacji łączników. W szeregu ogólnych zagranicznych przepisów metodyka prób kontrolnych wchodzi w skład samych przepisów. Wydaje się jednak rzeczą bardziej celową ujęcie ich w osobne normy szczegółowe, na które przepisy mogą powoływać się w odpowiednich punktach.

15. Ogólne próby elektrycznych i mechanicznych właściwości łączników.

Normalizacja polska ma już pewien dorobek w tym zakresie: próby wytrzymałości elektrycznej stanowią temat normy PN/E-05001; Instytut Elektrotechniki opracował tymczasowe warunki wykonywania badań nagrzewania aparatury niskonapięciowej (oparte na normie GOST 403-41) oraz prób łączności roboczej i zwarciowej, wchodzących w skład tymczasowych instrukcji badania wkładek bezpieczników mocy, łączników drążkowych, łączników walcowych, styczników suchych i olejowych oraz wyłączników zapadkowych.

Z próbami łączności roboczej łączników wiąże się zagadnienie doboru prądów zastępczych dla odtworzenia rzeczywistych warunków ruchu silników. Na ten temat ogłoszono szereg prac naukowych za granicą (ZSRR i NRD). Cennym przyczynkiem jest tu praca Zakładu Wielkich Mocy I. El. zamieszczona w Biuletynie Instytutu Elektrotechniki*). Należy oczekiwać, że dalsze prace naukowe w tym kierunku pozwolą na ustalenie wartości prądów zastępczych i napięć powrotnych, odpowiadających najbardziej niekorzystnemu charakterowi różnych rodzajów silników. Umożliwi to dogodniejsze wykonywanie prób zastępczych bez posługiwania się silnikami.

Przepisy prób trwałości mechanicznej łączników znajdują podbudowę we wzorowej pracy Zakładu Wielkich Mocy Instytutu Elektrotechniki pt. „Typowe wyposażenie dla laboratoriów zakładów wytwórczych aparatury niskiego napięcia”. Szczegółowe przepisy normujące próbę trwałości mechanicznej przyczyniają się do podniesienia jakości łączników pracujących przy wielkiej częstotliwości łążeń.

Próba trwałości elektrycznej, mająca na celu określenie liczby łążeń do granicznego zużycia styków, wiąże się z próbą łączności roboczej. Polega ona między innymi na pomiarach mechanicznych danych znamionowych styków. Metody tych pomiarów ujęte są w normie zakładowej ZN/CZPME-A-8, 91003.

16. Sprawdzanie odporności materiałów izolacyjnych na działanie łuku.

Wyniki eksploatacji łączników i wykonanych w ostatnich latach prób łączności pokazały, że bardzo często materiały izolacyjne traciły w sąsiedztwie łuku elektrycznego swe właściwości, powodując zwarcia i uszkodzenia łączników. Dlatego też wydaje się rzeczą celową, aby próby łączności zwarciowej były poprzedzane sprawdzeniem powierzchniowej odporności materiału izolacyjnego na działanie łuku. Można tu przytoczyć przepis VDE 0303/1.47, zalecający użycie dwu elektrod ostrzo-

wych o szerokości 5 mm ustawionych w odległości 5 mm od siebie i połączonych ze źródłem prądu o napięciu 300 V przez opornik, ograniczający prąd do wartości 5 A. Między elektrody wprowadza się kroplę wody, zawierającej półprocentowy dodatek zwilżacza Nekal BX. Na skutek przepływu prądu kropla odparowuje. Materiał o dobrej odporności powierzchniowej na działanie łuku nie powinien tworzyć na powierzchni trwałego połączenia przy odparowaniu pierwszych 10 kropli.

Ponieważ zagadnienie powierzchniowej odporności materiałów izolacyjnych na działanie łuku jest szczególnie istotne w przypadku tłocznych warstwowych, jak getinaks i tekstolit, wprowadzenie odpowiednich metod próby powinno przyspieszyć rozpowszechnienie w naszym przemyśle aparatu radzieckiej metody nakładania ochronnych powłok lakierowych na powierzchnię izolacyjnych materiałów warstwowych. Przyspieszy to, być może, również produkcję używanych do tego celu emalii i lakierów gitałowych odznaczających się dużą odpornością na działanie łuku.

17. Laboratoryjne odtwarzanie warunków przemysłowych.

Osobną grupę stanowią przepisy odtwarzające laboratoryjnie obostrzone warunki przemysłowe. Przepisy te wprowadzają jednolite metody badań, normalizując urządzenia pomocnicze i sposoby pomiaru.

Próba odporności na wilgoć podaje budowę higrostatu oraz sposób uzyskania i pomiaru stopnia wilgotności. Przepisy radzieckie wykorzystują odparowanie naturalne z otwartej powierzchni wody. Zalecenia CEE i przepisy francuskie wymagają prócz tego wprowadzenia do przestrzeni probierczej gorącej pary uzyskanej przez odparowanie wody o objętości równej 1/800 objętości przestrzeni probierczej.

Przepisy radzieckie i przepisy francuskie zajmują się szczegółowo próbą pyłoszczelności łączników i ich osłon. Przepisy radzieckie zalecają obdmuchiwanie wyrobu powietrzem, zawierającym proszek zarodników widłaka (lycopodium) w ilości 50 g proszku na 1 m³ powietrza. Prędkość strugi powietrza ma być rzędu 5 m/s. Obdmuchuje się kolejno przez 5 min, powierzchnie stykowe pokryw i osłon.

Przepisy francuskie rozróżniają próbę z pyłem nieprzewodzącym i z pyłem przewodzącym. W pierwszym przypadku do powietrza dodaje się cementu, w drugim przypadku sadzy. Przez aparat umieszczony w przestrzeni, w której utrzymuje się w powietrzu 1,5 kG cementu lub sadzy na 1 m³ powietrza, przeciąga się przez określony czas taką ilość powietrza, jaka odpowiada rzeczywistemu przepływowi wynikającemu z dziennych zmian ciśnienia wywołanych amplitudą 50°C.

Szczegółowo ujęte są we wszystkich przepisach próby stopnia ochrony przed działaniem wody w postaci kropli, deszczu, strumienia wody pod ciśnieniem lub przy zanurzeniu na określoną głębokość. Próba strugoszczelności jest charakterystyczna dla pokładowych łączników monskich. Przepisy Morskiego Rejestru ZSRR podają szczegółowe warunki tej próby.

Z próbami odporności na wilgoć i ochrony przed działaniem wody łączy się zagadnienie sprawdzenia zabezpieczenia przeciwkorozyjnego łączników. Zagadnienie jest niewątpliwie trudne i dotychczas nie ustalono jeszcze w sposób ostateczny, jaki stopień wystąpienia korozji świadczy o niedostatecznym zabezpieczeniu aparatu przed korozją. Wydaje się, że pojawienie się po próbie w higrostatie śladów rdzy i śnieży na sprężynach, współpracujących częściach ciernych lub w łożyskowaniach świadczy o niedostatecznej wartości ochrony przeciwkorozyjnej. Byłyby natomiast dopuszczalne niewielkie ślady rdzy, rozrzucone na częściach o wielkich powierzchniach i przekrojach, w miejscach, które nie grożą osłabieniem wytrzymałości mechanicznej danej części. Przepisy szczegółowe prób łączników kopalnianych w wykonaniu przeciwybuchowym opracowane są przez kopalnię doświadczalną „Barbara”. Radzieckie przepisy na aparaturę przeciwybuchową zostały opracowane przez MAKNI (Makiejewskij nauczno-issledowatelskij institut po bezopasnosti rabot w gornoj promyslenosti). Przepisy te poziomem technicznym i wszechstronnym ujęciem znacznie wyprzedziły analogiczne przepisy krajów kapitalistycznych.

Wszystkie łączniki przemysłowe powinny być poddawane próbom odporności na drgania i wstrząsy. Jest to jeden ze stosunkowo prostych sposobów wykrywania niestannego montażu i wykonania mechanicznego. Dlatego też próba ta powinna wchodzić nie tylko w zakres próby typu, lecz również znajdować zastosowanie przy próbach wyrwykowych do sprawdzania gotowych wyrobów. Obowiązkowo pełnej próbie na drgania oraz sprawdzeniu na pracę przy przechyłach i przegłęb-

* Por. Przegl. Elektr., 1953, zesz. 4, str. 174—176.

TABLICA V. Zastosowanie bezpieczników mocy do ograniczenia prądów zwarciovych celem zastosowania wyłączników niższego rzędu wyłączalności niż to odpowiada przewidywanej wartości prądu zwarciovego przy 500 V prądu trójfazowego

Moc transformatora i prąd zwarciov przy napięciu 500 V prądu trójfazowego	Rząd wyłączalności	Prąd znamionowy (amp.) bezpiecznika mocy, który powinien poprzedzić wyłącznik zwarciov o wyłączalności						
kVA	∞ A	W5	W10	W15	W25	W40	W70	W100
> 2500	> 70	W100	0	40	80	125	200	350
2 × 1250	70	W70	0	40	80	125	225	
1250	35	W40	25	80	100	160		
800	23	W25	25	80	125			
500	15	W15	40	100				
250	7,5	W10	60					
100	3	W5						

niach poddaje się wszystkie łączniki morskie. Przepisy Morskiego Rejestru ZSRR ściśle określają warunki próby, podając rodzaj drgań, ich częstotliwość i amplitudę, kierunek działania i czas próby. Próba odporności na wstrząsy wskazuje przyspieszenia, którym poddaje się badany łącznik. Niewielkie łączniki oraz bezpieczniki badane są w bębnie wolno wirującym, gdzie spadają z określonej wysokości. Większe łączniki bada się na specjalnych stanowiskach, gdzie uderzający ciężar nadaje od-

TABLICA VI. Graniczne przekroje przewodów i kabli przeznaczonych do przyłączania do zacisków o określonej obciążalności (wg VDE 0660/12.52)

I_n zacisku (A)	Przekrój przewodów i kabli miedzianych (mm ²)	
	min.	max.
10	1	2,5
15	1,5	4
25	4	10
40	6	16
60	10	25
100	16	50
200	50	120
400	120	2 × 150
600	2 × 185	2 × 240
1000	2 × 240	szyna płaska

sprężynowanej płycie z łącznikami określoną wartość przyspieszenia (do 7 g).

Bogaty wybór cennych przepisów szczegółowych i warunków prób zawiera licencyjna dokumentacja radziecka. Szerokie udostępnienie tych materiałów i pełne przejęcie ich w postaci norm resortowych ułatwi opracowanie warunków prób dla łącz-

ników przemysłowych na jednolitych zasadach. Wprowadzenie jednolitych i udoskonalonych metod kontroli technicznej wpłynie niewątpliwie na podniesienie jakości produkowanych łączników.

18. Normy szczegółowe.

Normy szczegółowe powstają na podstawie przepisów ogólnych i szczegółowych metod pomiarowych i probierczych. Obejmują całą odmianę konstrukcyjną lub określony typ produkcyjny. Można tu przytoczyć przykładowo normę GOST 2491-44 „styczniki elektromagnetyczne silnikowe do silników zwartych” i normę GOST 2585-44 „szybkie samoczynne wyłączniki prądu stałego typu WAB-2”.

Normy szczegółowe służą za podstawę odbioru technicznego dla zakładowych komórek DKT i dla użytkownika. Normy te

TABLICA VII. Wymiary zacisków sworzniowych gwintowanych według ZN-53/MPM)

Obciążalność zacisku (A)	Średnica d (mm)		Obciążalność zacisku (A)	Średnica d (mm)	
	mosiądz	stal		mosiądz	stal
16	(M4)	M4	200	M10	—
25	(M5)	M5	300	M10	—
30	(M5)	M6	400	M16	—
40	M6	M8	600	M20	—
60	M6	M10	800	M20	—
100	M8	M16	1000	2 × M30	—
150	M8	(M25)	1600	szyna	—

nie tylko ujmują szczegółowe dane znamionowe i określają dopuszczalne tolerancje wykonawcze, lecz zwracają także uwagę kontroli na te elementy konstrukcyjne i procesy technologiczne, od których szczególnie zależy prawidłowa praca łącznika przy eksploatacji. Jest to główna cecha norm szczegółowych. Jeżeli przepisy ogólne mogą być dziełem szerokiego zespołu specjalistów, a przepisy szczegółowe badań i prób powinny być opracowywane w instytucjach naukowych, to twórcą normy szczegółowej może być tylko konstruktor, technolog i pracownik kontroli technicznej zakładu wytwórczego, produkującego łącznik, któremu norma jest poświęcona. Normę taką powinni opiniować i pogłębiać na podstawie swego doświadczenia eksploatacyjnego główni odbiorcy.

Wobec braku w Polsce przepisów ogólnych na łączniki przemysłowe oraz pełnego wyboru przepisów badań i prób należy dążyć usilnie do jak najszybszego opracowania tymczasowych norm szczegółowych na poszczególne typy łączników. Materiał ten — mimo niewątpliwych braków — posłuży po sprawdzeniu w praktyce, jako podstawa do opracowania przepisów ogólnych wiążących w sposób życiowy porządek i postęp techniczny z dotychczasowym poziomem technicznym. Z chwilą wejścia w życie przepisów ogólnych opracowanych na realnej podstawie przystosowanie do nich norm szczegółowych nie powinno stwarzać trudności produkcyjnych.

Uchwała Prezydium Rządu z dnia 30 maja 1953 r. w sprawie wprowadzenia obowiązujących warunków technicznych dla wyrobów ważnych w gospodarce narodowej, a więc i dla wszystkich wyrobów przemysłu elektrotechnicznego, przyspieszy utworzenie tymczasowych norm szczegółowych, a tym samym i przepisów ogólnych, oczekiwanych przez przemysł i użytkowników.

19. Normalizacja wymiarowa.

Normalizacja wymiarowa łączników nie należy do zadań łatwych ze względu na bardzo wielką różnorodność odmian kon-

Rys. 1. Szkice wymiarowe do tabl. VIII

TABLICA VIII. Zaciski szynowe wyłączników niskonapięciowych (ZN53/MPM/03-28006), por. rys. 1
Materiał — miedź Cu 99 wg PN/H 82:20

Wymiary (mm)	100 A	200 A	400 A	600 — 900 A	1000 A	1500 A	2000 A	3000 A	4000 A
Grubość × szerokość	20 × 5	25 × 8	35 × 8	40 × 10	60 × 10	60 × 15	80 × 15	120 × 25	165 × 25
d	9,5	11	14	18	18	18	18	18	18
c	10	12,5	17,5	20	17,5	17,5	19	25	25
e	—	—	—	—	25	25	42	42	42
t	—	—	—	—	17,5	17,5	19	39	19,5

konstrukcyjnych pod względem kształtów i wymiarów. Potrzeby techniczne stawiają na pierwszym miejscu normalizację wymiarów montażowych. Będą to: a) normalizacja rozstawienia średnic otworów, służących do mocowania łączników na szkieletach, szkieletach itd., b) normalizacja rozstawienia i wymiarów zacisków prądowych, c) normalizacja wymiarów obrysów, d) normalizacja wymiarów montażowych dla elementów stanowiących wyposażenie.

Dla zapewnienia szybkiej wymienności byłoby bardzo pożądane, aby grupy aparatów o zbliżonych danych znamionowych lub łączniki jednego rodzaju, lecz różniące się konstrukcyjnie, miały jednakowe średnice i rozstawienie otworów mocujących. Szczególnie ważne jest to w przypadku łączników wbudowywanych w kadłuby maszyn.

Należy sądzić, że szczegółowa analiza budowanych łączników ujawni niewątpliwie szerokie możliwości normalizacyjne. Normalizacja zacisków winna opierać się na przepisach ogólnych, podających przekroje przewodów, które powinny dać się przyłączyć do zacisków o określonej obciążalności (tabl. VI). Normy szczegółowe natomiast powinny zająć się określeniem wymiarów samych zacisków dla poszczególnych ich odmian konstrukcyjnych.

W tablicy VII ujęte są przykładowo wymiary zacisków sworznioowych gwintowanych, oparte na projekcie normy zakładowej.

Tablica VIII pokazuje znormalizowane zaciski szynowe wyłączników (norma zakładowa ZN-53/MPM/03-28006). Choć normalizacja rozstawienia zacisków nie jest zagadnieniem łatwym, uporządkowanie wymiarów wydaje się jednak możliwe.

Do wymiarów montażowych należą wymiary zewnętrzne osłon, a także wymiary otworów przyłączowych, związanych ze znormalizowanymi elementami przyłączowymi, jak dławiki, wprowadzenia dla rur stalowo-pancernych i głowice kablowe. Normy szczegółowe winny ująć najmniejsze dopuszczalne odległości od wylotu dławika, wprowadzenia lub głowicy do zacisków łącznika. W większości przypadków odległość ta jest zbyt mała w stosunku do przekroju przewodów, co utrudnia ich prawidłowe ułożenie i montaż.

W budowie łączników dąży się obecnie do konstrukcji kostkowych aparatu i wyposażenia, a także do kostkowych zespołów aparatowych, tworzonych z łączników różnych odmian i wielkości. Konstrukcje kostkowe łączników i wyposażenia są jeszcze rzadko spotykane. Normalizacja obejmuje zwykle jeden lub kilka aparatów. Szeroko natomiast są rozpowszechnione kostkowe zespoły aparatowe w postaci rozdzielnic skrzynkowych żeliwnych, blaszanych lub prasowanych z materiałów izolacyjnych.

Polski przemysł elektrotechniczny buduje obecnie tylko jeden typ rozdzielnic skrzynkowych z aparatami w osłonach żeliwnych. Zaletą tego systemu jest pełna normalizacja części składowych, łatwość tworzenia zwartych zespołów rozdzielczych, które zajmują mało miejsca i łatwo mogą być umieszczane w bezpośrednim sąsiedztwie procesów przemysłowych. Wadą żeliwnych rozdzielnic skrzynkowych jest ich znaczny ciężar oraz trudność dostępu do aparatów zamkniętych na śruby wewnątrz osłon. Większe wartości prądów znamionowych i ostrzejsze warunki zwarciowe trudno mieszczą się w wymiarach ekonomicznych. Dlatego też rozdzielnice na większe obciążalności i przy prądach zwarciowych przekraczających 15 kA przy 500 V pr. zm. buduje się jeszcze ciągle jako wielopolowe rozdzielnice otwarte lub zamknięte w szafach z blachy stalowej. Konstrukcja tych rozdzielnic zajmuje wiele miejsca i pochłania wiele deficytowych materiałów.

Nasuwa się więc konieczność opracowania systemu piętro-tych rozdzielnic skrzynkowych w osłonach z blachy stalowej z wysuwanymi łącznikami. Konstrukcja taka musi być oparta na pracach normalizacyjnych. Należy tak dobrać i uzgodnić wymiary montażowe łączników i poszczególnych elementów rozdzielnic, aby do największych wielkości można było budować rozdzielnice skrzynkowe montowane z gotowych elementów w zakładzie produkcyjnym. Przy oszczędności materiałów uzyska się oszczędność miejsca i szereg niewątpliwych korzyści eksploatacyjnych.

Manewrowe zespoły łącznikowe, a zwłaszcza coraz częściej budowane zespoły sterownicze automatyki napędów przemysłowych, stanowią również przedmiot celowej normalizacji. Z jednej strony same łączniki zawierają wielką liczbę znormalizowanych części, jak styki, zaciski, wypraski, cewki itp., z drugiej strony normalizacja obejmuje wymiary płyt i pól tworzących zespoły aparatowe.

Z normalizacją płyt i pól łączy się normalizacja szkieletów i szaf. Ułatwi to montaż gotowych zespołów i nada im estetyczny wygląd. Oczywiście, znormalizowane wymiary płyt zespołów muszą być zgodne z fabrykacyjnymi wymiarami płyt izolacyjnych używanych jako podstawy pod aparaty.

20. Normalizacja dokumentacji schematowej.

Aby móc szybko, prawidłowo i bezbłędnie projektować, budować, sprawdzać i użytkować zespoły aparatowe potrzebna jest jednolita, jasna i zrozumiała dokumentacja schematowa. Jest to szczególnie ważne w przypadku zespołów łącznikowych dla automatyki napędów przemysłowych z wielką liczbą łączników elektrycznie i mechanicznie powiązanych i uzależnionych.

Do niedawna były w powszechnym użyciu prawie wyłącznie uproszczone ideowe schematy jednobiegunowe i schematy zwane ideowo-montażowymi. Schematy te są przydatne dla urządzeń rozdzielczych i nastawczych ręcznych lub dla niewielkich sterowanych zespołów aparatowych (np. samoczynny przełącznik gwiazda-trójkąt). Przy większej liczbie łączników i bardziej skomplikowanych układach sterowniczych schemat ideowo-montażowy staje się nieczytelny. Nie daje on przy tym obrazu funkcjonalnych powiązań między poszczególnymi elementami układu. Dlatego też stosuje się obecnie coraz częściej schemat obwodowy, zwany również schematem rozwiniętym. Schemat obwodowy jest niezastąpiony przy projektowaniu i sprawdzaniu układu oraz wyszukiwaniu błędów. Ma bardzo prostą symbolikę, łatwą do rysowania. Dla większości elementów symbole są już ustalone.

Szybkie przeprowadzenie normalizacji symboli i typowych oznaczeń literowych przyczyni się niewątpliwie do spoukładania schematów obwodowych zwłaszcza wśród monterów, którzy wychowani są prawie wyłącznie na schematach ideowo-montażowych i mają początkowo trudności w posługiwaniu się schematami obwodowymi.

Schemat obwodowy nie daje poglądu na skład i rozmieszczenie poszczególnych elementów układu w rzeczywistym zespole. Schemat ideowo-montażowy pokazując skład tych elementów nie odzwierciedla ich rozmieszczenia w rzeczywistości. Dopiero wprowadzenie schematów montażowych skalowych i zastąpienie rysowania przewodów przez tablice połączeń pozwala na znaczne ułatwienie i przyspieszenie montażu.

Schemat skalowy przedstawia każdy aparat w postaci uproszczonego obrysu zewnętrznego narysowanego w skali. Na tle obrysu zaznaczone są zaciski w położeniach zgodnych z rzeczywistością. Zaciski mają oznaczenia odpowiadające oznaczeniom przewodów i węzłów na schemacie obwodowym. Między poszczególnymi zaciskami umieszczone są symbole pokazujące elementy aparatu połączone z zaciskiem. Podane są również połączenia wykonane w obrębie aparatu. Wszystkie skalowe obrysy aparatów ułożone są zgodnie z rzeczywistością na narysowanym w skali polu lub tablicy. Na schemacie podane są jedynie zasadnicze połączenia dla głównego prądu. Obwodów sterowniczych nie rysuje się. Połączenia między zaciskami poszczególnych aparatów podaje się w postaci tablicy połączeń. Schemat skalowy jest wskutek tego bardzo przejrzysty i łatwy do rysowania. Montaż na podstawie tego schematu nie nastręcza trudności, gdyż polega na doprowadzaniu przewodów do poszczególnych zacisków w takiej kolejności, w jakiej podano je w tablicy połączeń. Wyszukanie w tablicy potrzebnego elementu ze schematu obwodowego jest łatwe, gdyż schemat skalowy wiernie odtwarza miejsce, w którym dany element w rzeczywistości się znajduje.

W rozległych i skomplikowanych zespołach aparatowych można stosować dodatkowo schematy zaciskowe. Są to uproszczone schematy, pokazujące tylko rozmieszczenie i numerację zacisków do połączeń zewnętrznych oraz skalowe obrysy poszczególnych aparatów ze skrótami oznaczeń, lecz bez zacisków i symboli wewnętrznych.

Dużą pomocą normalizacyjną przy tworzeniu schematów obwodowych może być ujednolicenie symboli literowych do oznaczania funkcji poszczególnych elementów układu. Na przykładzie schematów radzieckich i zagranicznych widać już próby podobnej normalizacji przez stworzenie słownika skrótów.

Pełna dokumentacja schematowa powinna więc składać się:

a) dla zespołów rozdzielczych i prostych nastawczych ręcznych: 1) ze schematu ideowego (jednobiegunowego) i 2) ze schematu ideowo-montażowego lub skalowego;

b) dla zespołów nastawczych sterowanych: 1) ze schematu obwodowego, 2) z opisu działania, 3) ze schematu skalowego z tablicą połączeń, 4) ze schematu zaciskowego (przy większych zespołach).

21. Normalizacja łączników dokumentacyjnych i opakowań.

Końcowe ustępy norm szczegółowych powinny podawać w sposób mniej lub więcej wyczerpujący wykaz dokumentacji załączanej do gotowego łącznika. Ponieważ jest to zagadnienie dość istotne, a często zaniedbywane, pożyteczne będzie podanie typowej listy załączników: a) dokumentacja schematowa, b) instrukcja montażu, uruchomienia i obsługi, c) wykaz części wymienionych i zapasowych, d) karta wyrobu, e) karta prób końcowych DKT, f) karta kontroli wykończenia i opakowania, g) świadectwo materiałowe.

Nie każdy łącznik wymaga wszystkich tych załączników. W szczególności bywają zbędne poz. e) do g), których dostarczanie zależy od rodzaju łącznika, wielkości serii produkcyjnej lub specjalnych wymagań odbiorcy. Natomiast pozycje a) do c) powinny obowiązkowo być dodawane do każdego gotowego łącznika.

Oprócz dokumentacji schematowej, omówionej wyżej, do każdego łącznika należałoby załączać jasną, zwięzłą, zredagowaną, możliwie ilustrowaną poglądowymi rysunkami instrukcję montażu, uruchomienia i obsługi. Instrukcję taką można by opracować w sposób jednolity na podstawie ramowego wzoru. Jednym z istotnych punktów instrukcji powinny być mechaniczne dane znamionowe styków, od których zależy w znacznym stopniu poprawna praca łącznika.

Gospodarka częściami wymiennymi i zapasowymi wymaga, aby dokumentacja każdego łącznika obejmowała wykaz części wymienionych i zapasowych, sporządzony według znormalizowanych wzorów. Wykaz taki powinien obejmować: a) nazwę części wymiennej lub zapasowej, b) jej symbol, c) liczbę sztuk na jeden aparat (dla części wymiennych) lub liczbę aparatów, dla których wystarcza jedna część zapasowa, d) nazwę lub symbol podzespołu, w którym dana część znajduje zastosowanie, e) odsyłacz do rysunku poglądowego. Przepisy Morskiego Rejestru ZSRR szczegółowo określają rodzaj i liczbę części wymienionych i zapasowych dla łączników morskich. Byłoby jednak pożądane, żeby każdy łącznik przemysłowy był bez osobnego zamówienia dostarczany przez zakład wytwórczy z najbardziej niezbędnym zestawem części wymiennych. Załączniki dokumentacyjne powinny przy tym zawierać pełny wykaz części wymiennych i zapasowych, aby użytkownik mógł stosownie do zapotrzebowania uzupełniać swe zapasy.

Dla uniknięcia omyłek każdą część zapasową i wymienną należy oznaczać symbolem literowym lub cyfrowym. W jednym z zakładów wytwórczych przyjęto dość dobry system oznaczania części wymiennych i zapasowych wprost numerem warsztatowego rysunku wykonawczego.

Dla bardziej skomplikowanych łączników miejsce zastosowania danej części powinno być bliżej określone (np. sprężyna główna — na dźwigni, na wale głównym, ścianka lewa). Najlepiej służy do tego celu jeden lub kilka rysunków poglądowych z odsyłaczami. Rysunek taki powinien być załączany do instrukcji montażu, uruchomienia i obsługi, a także zawarty w opakowaniu, w którym będą się znajdować dostarczane wraz z łącznikiem lub oddzielnie zamówione części wymienne i zapasowe.

Łączniki bardziej złożonej budowy, zawierające zespół wyposażenia związanego i niezwiązanego, dobrze jest zaopatrywać w kartę wyrobu. Karta wyrobu powtarza w sposób rozszerzony dane tabliczek znamionowych oraz szczegółowo charakteryzuje elementy wyposażenia. Karta wyrobu powinna stanowić podstawę do wciągnięcia łącznika do rejestru maszyn i urządzeń. Układ jej może być oparty na powszechnie stosowanych kartach maszynowych.

Karta prób końcowych DKT powołuje się na normę szczegółową i podaje rzeczywiste wyniki próby wyrobu w stosunku do tolerancji określonych w wymaganiach prób technicznych.

Często łączniki i zespoły łącznikowe podlegają po odbiorze przez kontrolę końcową obróbce wykończeniowej przed opakowaniem i wysyłką. Również samo wykonanie opakowania powinno odpowiadać zaleceniom normy szczegółowej. W tych przypadkach dołączona karta kontroli opakowania stwierdza dotrzymanie wymagań technicznych opakowania ujętych w normie szczegółowej. Należy dodać, że w normach szczegółowych łączników opakowanie należy w miarę możliwości opierać na wykonaniach znormalizowanych.

Tam, gdzie normy szczegółowe lub odrębne wymagania użytkowników dotyczą wykonania łączników z materiałów o ściśle określonych właściwościach, w skład załączników dokumentacyjnych wchodzi również świadectwa materiałowe (atesty), wystawione przez dostawcę materiału lub niezainteresowaną in-

stytucję. Świadectwa te potwierdza DKT zakładu wytwórczego, stwierdzając przez to, że materiały atestowane rzeczywiście zostały zużyte do produkcji danego łącznika.

Całość załączników dokumentacyjnych, umieszczona w opakowaniu zabezpieczającym przed wilgocią, powinna znajdować się razem z gotowym łącznikiem. W większych zespołach aparatu należy przewidzieć odpowiednie kieszenie lub uchwyty do przechowywania tej dokumentacji. W aparatach mniejszych lub prostych może wystarczyć naklejenie schematu, instrukcji i wykazu części wymiennych we wnętrzu osłony.

22. Wnioski.

Rozwój przemysłu aparatów elektrycznych i coraz szersze stosowanie łączników przemysłowych stawia normalizację łączników przemysłowych w rzędzie zagadnień ważnych dla gospodarki narodowej.

Właściwe rozwiązanie tego nietatwego zadania wymaga rozłożenia jego realizacji na kilka etapów, które dla przyspieszenia prac mogą przebiegać równolegle, a mianowicie — w świetle powyższych wywodów — w sposób następujący:

a) zakłady wytwórcze i ich biura konstrukcyjne dadzą podstawy normalizacji szczegółowej w postaci tymczasowych wymagań technicznych na wszystkie wyroby;

b) tymczasowe wymagania techniczne będą uzupełnione tymczasowymi instrukcjami prób, opracowanymi przez Instytut Elektrotechniki wspólnie z przewodnimi biurami konstrukcyjnymi;

c) tymczasowe wymagania techniczne i tymczasowe instrukcje prób przejdą okres sprawdzania ich przydatności użytkowej przy produkcji i kontroli technicznej w zakładach wytwórczych;

d) główni użytkownicy porównają tymczasowe wymagania techniczne i tymczasowe instrukcje prób z warunkami pracy łączników i wymaganiami użytkowników co do danych znamionowych, jakości, wyposażenia i wykończenia sprzętu;

e) przewodnie biura konstrukcyjne przemysłu aparatów elektrycznych opracują w zakresie swych specjalności tymczasowe normy szczegółowe na poszczególne grupy łączników na podstawie doświadczenia z etapów poprzednich;

f) Instytut Elektrotechniki opracuje normy szczegółowe na laboratoryjne odtworzenie warunków przemysłowych i na charakterystyczne próby kontrolne;

g) doświadczenie uzyskane przez wprowadzenie tymczasowych norm szczegółowych będzie przez zainteresowanych przedstawicieli Instytutu Elektrotechniki, przemysłu aparatów elektrycznych, energetyki, górnictwa, hutnictwa i przemysłu budowy okrętów ujęte w formę projektu przepisów ogólnych;

h) projekt przepisów ogólnych, uzupełniony i poprawiony w wyniku dyskusji i doświadczenia użytkowników, posłuży po ostatecznym zatwierdzeniu do uzupełnienia i zatwierdzenia norm szczegółowych na łączniki i próby kontrolne.

Etapy a—b, c—d i e—f mogą przebiegać równolegle.

Dla ułatwienia i przyspieszenia prac należy w jak najkrótszym czasie udostępnić zainteresowanym biuram konstrukcyjnym i głównym odbiorcom tłumaczenia szeregu zagranicznych przepisów na aparaturę przemysłową, a w szczególności:

a) wszystkich norm radzieckich (GOST) na aparaturę przemysłową,

b) wszystkich dostępnych radzieckich resortowych wymagań technicznych (TU) na aparaturę przemysłową i próby charakterystyczne,

c) przepisów VDE 0660/12.52 oraz przepisów innych krajów na łączniki przemysłowe wszelkich rodzajów i bezpieczniki.

Zagadnieniem tym najlepiej mogłaby zająć się Komisja Elektrotechniki przy PKN.

Stowarzyszenie Elektryków Polskich powinno włączyć się do akcji po opracowaniu tymczasowych norm szczegółowych, organizując zebrania dyskusyjne i publikując w swych czasopiśmie streszczenia i wyjątki z norm wraz z komentarzami.

Dobrze opracowane przepisy ogólne i przemysłowa normalizacja szczegółowa przyczynia się do postępu technicznego w dziedzinie budowy łączników i wpłyną niewątpliwie na ekonomiczne wytwarzanie oraz lepsze wskaźniki techniczne i użytkowe aparatury przemysłowej.

Przykład Związku Radzieckiego wskazuje, jak z postępną i normalizacją aparatury elektrycznej jest związana mechanizacja i automatyzacja wytwórczych procesów przemysłowych, stanowiąca jedną z podstaw dobrobytu społeczeństwa socjalistycznego.

DR INŻ. MYŚLICKI ANDRZEJ
Inst. Elektr.

Oporność połukowa i prąd połukowy — charakterystyczne parametry procesu wyłączeniowego w wyłącznikach wysokiego napięcia

621.3.014.31+028:621.316.54.027.3

Treść. Analiza procesu wyłączeniowego z punktu widzenia zmiany oporności międzystykowej. Określenie pojęć prądu połukowego i oporności międzystykowej. Zarys historyczny badań prądu połukowego. Wyłącznik idealny a wyłącznik rzeczywisty. Ocena wpływu prądu połukowego na przebieg wyłączenia — jego ułatwianie i utrudnianie. Interpretacja fizyczna prądu połukowego. Metody pomiaru prądu połukowego. Myśliński

Сопротивление и ток после исчезновения дуги в выключателях высокого напряжения, как характерные параметры процесса выключения. Анализ процесса выключения с учетом изменений междуконтактного сопротивления. Определение понятий: ток после исчезновения дуги и междуконтактное сопротивление. Исторический обзор исследований тока, существующего после исчезновения дуги. Идеальный выключатель и действительный выключатель. Влияние тока, существующего после исчезновения дуги, на процесс выключения в смысле облегчения либо препятствия. Физическое толкование и методы измерения тока, существующего после исчезновения дуги.

Post-arc resistance and post-arc current as characteristic parameters of the circuit breaking process in H. T. circuit breakers. Analysis of the circuit breaking process from the point of resistance variation between contacts. Definition of post-arc resistance and of resistance between contacts. Historical outline of research over post-arc current. The ideal and actual circuit breaker. The influence of post-arc current on the course of circuit breaking; means of facilitating or complicating it. Physical interpretation of post-arc current. Method of measuring post-arc current.

W procesie wyłączeniowym w wyłącznikach wysokiego napięcia można rozróżnić trzy stadia:

a) **p i e r w s z e** stadium od momentu rozpoczęcia ruchu styków wyłącznika do momentu rozejścia się styków; w tym stadium istnieje metaliczne połączenie zacisków fazy wyłącznika; oporność połączenia zmienia się w bardzo małych granicach, nie mających praktycznego znaczenia;

b) **d r u g i e** stadium od momentu rozejścia się styków do momentu definitywnego zgaśnięcia łuku pomiędzy stykami; w tym stadium istnieje połączenie zacisków fazy wyłącznika przez przewodność zjonizowanej przestrzeni łukowej; przewodność ta jest zmienna w czasie i zależy od stopnia chwilowej jonizacji i wymiarów geometrycznych zjonizowanej przestrzeni;

c) **t r z e c i e** stadium od chwili definitywnego zgaśnięcia łuku pomiędzy stykami fazy wyłącznika do chwili zakończenia stanu nieustalonego powrotu napięcia na zaciskach fazy wyłącznika.

W pierwszym przybliżeniu — dla zobrazowania zachowania się wyłącznika — przyjmijmy, że oporność międzystykowa wyłącznika wynosi zero od początku procesu wyłączeniowego aż do końca drugiego stadium, tzn. do definitywnego zgaśnięcia łuku w wyłączniku, oraz że jest równa nieskończoności od chwili definitywnego zgaśnięcia łuku. Otrzymamy w ten sposób tzw. wyłącznik idealny (Cassie).

W rzeczywistości w drugim i trzecim stadium oporność międzystykowa wyłącznika zmienia się nie skokiem od zera do nieskończoności, lecz w sposób ciągły. Charakter zmian oporności międzystykowej w procesie wyłączeniowym wywiera, oczywiście, zasadniczy wpływ na przebieg wyłączenia. W okresie łukowym przed definitywnym przejściem prądu przez zero oporność ta — wzrastając — zaczyna odgrywać rolę w oporności całego obwodu elektrycznego i może spowodować zmniejszenie się wartości prądu. W okresie połukowym, w którym zaczyna powstawać napięcie powrotne na zaciskach fazy wyłącznika, oporność ta — daleka jeszcze od nieskończoności — umożliwia przepływ prądu w okresie napięcia powrotnego.

Prądem połukowym będziemy nazywać prąd, przepływający przez wyłącznik bezpośrednio po przejściu prądu przez zero. W przypadku zapłonu ponownego prądu połukowy wzrasta i przechodzi w prąd następnej półfali; w przypadku definitywnego zgaśnięcia łuku prąd połukowy zanika.

Prąd połukowy w wyłącznikach jest ze względu na swój charakter zbliżony do prądu zwrotnego w prostownikach. Różnica polega na różnych własnościach fizycznych ośrodka, w którym płynie prąd: w prostownikach mamy do czynienia z małymi wartościami ciśnienia i nie ma sztucznej dejonizacji ośrodka, w wyłącznikach mamy do czynienia z wielkimi wartościami ciśnienia i silną dejonizacją ośrodka.

Opornością połukową będziemy nazywać oporność międzystykową wyłącznika, występującą bezpośrednio po przejściu prądu przez wartość zerową. Oporność tę określa się z oscylogramów przebiegu procesu wyłączeniowego jako iloraz napięcia na rozwartych stykach wyłącznika i prądu połukowego.

Na istnienie prądu połukowego wskazali już w 1933 r. van Sickle i Berkey [1]. Z analizy oscylogramów podanych przez autorów wynika, że oporność połukowa może osiągnąć wartość praktycznie równą nieskończoności przed sinusoidalnym przejściem prądu przez zero, w momencie przejścia prądu przez zero lub po przejściu prądu przez zero. Jeżeli wartość oporności międ-

zystykowej osiągnie wartość równą praktycznie nieskończoności przed przejściem prądu przez zero, zachodzi przypadek wymuszonego przerwania prądu przed jego normalnym przejściem przez zero. Przypadek taki zachodzi np. przy wyłączaniu małych prądów wyłącznikiem powietrznym. Osiągnięcie przez oporność międzystykową wartości równej nieskończoności w momencie przejścia prądu przez zero odpowiada przypadkowi idealnemu. W przypadku osiągnięcia przez oporność połukową wartości równej nieskończoności po przejściu prądu przez zero występuje zjawisko przepływu prądu połukowego.

Z powyższego wynika, że proces wyłączeniowy nie może być traktowany jako wyścig pomiędzy wytrzymałością dielektryczną i napięciem powrotnym, ponieważ prąd połukowy wywiera wpływ na charakter przebiegów.

Slepian już w 1933 r. [2] wprowadził uzupełnienie do popularnego określenia „wyścigu” pomiędzy napięciem powrotnym i wytrzymałością dielektryczną.

Przestrzeni łukowej nie można traktować jako idealnego przewodnika przed definitywnym zgaśnięciem prądu i jako idealnego izolatora po przejściu prądu przez zero. W rzeczywistości oporność międzystykowa wzrasta od wartości zerowej do wartości, równej praktycznie nieskończoności, przez stan dobrego przewodnictwa i stan złego izolatora.

Ten stan przejściowy trwa kilkadziesiąt mikrosekund i rozciąga się w okresie przed przejściem i po przejściu prądu przez zero. Jak można więc mówić o wytrzymałości dielektrycznej materiału półprzewodzącego? Potrzebna jest zmiana określenia wytrzymałości dielektrycznej w przypadku przestrzeni łukowej. Slepian definiuje wytrzymałość dielektryczną przestrzeni łukowej w danej chwili jako wartość napięcia, które — będąc doprowadzone do styków rozwartego wyłącznika — zahamuje wzrost oporności międzystykowej. Napięcie o wartości nieco wyższej wywołałoby gwałtowne obniżenie oporności przestrzeni łukowej (połukowej). Wytrzymałość dielektryczna będzie to zatem napięcie, które w danej chwili jest w stanie utrzymać łuk w stanie statecznym.

Przy takim ujęciu proces zgaszenia łuku może już być traktowany jako wyścig pomiędzy wytrzymałością dielektryczną i napięciem powrotnym z zastrzeżeniem, że płynący przez oporność międzystykową prąd w czasie wzrostu napięcia powrotnego opóźnia dejonizację, a więc opóźnia wzrost oporności, oraz zmienia stromość napięcia powrotnego.

Wpływ prądu połukowego na proces wyłączeniowy może być korzystny lub niekorzystny [3].

Korzystny wpływ da się łatwo uzasadnić zmniejszeniem stromości napięcia powrotnego i zmniejszeniem jego amplitudy. Autorzy pracy wymienionej pod [3] piszą o „samoobronie” wyłącznika podczas wyłączania wielkich prądów zwarciovych, przy których wartości oporności połukowych są niskie. Wyłącznik przez utrzymywanie przewodności międzystykowej po zgaśnięciu prądu uniemożliwia powstawanie drgań wyrównawczych napięcia powrotnego i znacznie łagodzi jego wzrost.

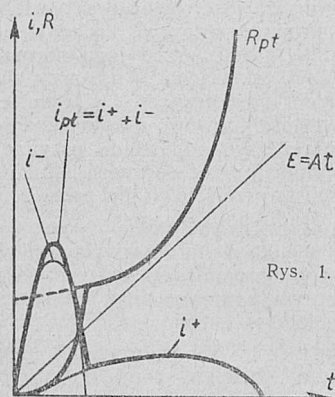
Podczas wyłączania małych prądów indukcyjnych oporność połukowa może ułatwić proces wyłączeniowy przez umożliwienie nie rozładowania energii elektromagnetycznej, nagromadzonej w indukcyjności. Również w przypadku wyłączenia linii długich w stanie jałowym oporność połukowa może ułatwić proces wyłączeniowy przez zmniejszenie prędkości narastania napięcia na wyłączniku.

Wpływ oporności międzystykowej przestrzeni łukowej może być również niekorzystny w przypadkach, kiedy wzrost oporności, a więc wzrost wytrzymałości dielektrycznej jest zbyt powolny w stosunku do wzrostu napięcia powrotnego.

Niekorzystny wzrost oporności połukowej daje się zauważyć w wyłącznikach wieloprzerzowych, w których mamy szeregowo połączenie elementów wyłączających. W wyłącznikach takich rozkład napięcia powrotnego na poszczególne przerwy jest proporcjonalny do oporności międzyprzerzowych po zgaśnięciu łuku. Jeżeli wyłącznik taki nie jest wyposażony w układy bocznikujące, narzucające właściwy rozkład napięcia na poszczególne elementy, niejednostajność wartości oporności poszczególnych przerw może utrudniać proces wyłączeniowy.

Istnienie oporności połukowej stanowi wreszcie zasadniczą przeszkodę w osiągnięciu skuteczności prób syntetycznych w zakresie zdolności wyłączalnej wyłączników. W próbie syntetycznej, jeżeli wyniki jej mają być miarodajne dla warunków eksploatacyjnych, wszystkie przebiegi w procesie wyłączeniowym muszą odbywać się zupełnie analogicznie, jak w próbie zwarciowej.

W pierwszym okresie procesu wyłączeniowego przez wyłącznik przepływa prąd zwarcioowy, a napięcie na stykach rozwarte-



Rys. 1.

go wyłącznika jest równe napięciu łuku; w drugim okresie — po definitywnym przejściu prądu przez zero — prąd nie płynie, a na stykach wyłącznika pojawia się napięcie powrotne. Z niejednocześnie występowania prądu zwarcioowego i napięcia znamionowego wynika możliwość zmniejszenia mocy źródła w układzie probierczym. Możliwość ta istnieje w zasadzie tylko dla wyłącznika idealnego; w wyłączniku rzeczywistym oporność międzystykowa w pierwszym okresie procesu powoduje odkształcenie sinusoidy prądowej przy zasilaniu obwodu prądowego niższym napięciem, a w drugim okresie procesu wywołuje odkształcenia przebiegów napięciowych przy zasilaniu obwodu napięciowego ze źródła o mniejszej mocy.

Na największe trudności natknięto się przy próbach syntetycznych wyłączników pełnoolejowych dlatego, że właśnie ten typ wyłączników odznacza się powolnym wzrostem oporności połukowej w okresie powstawania napięcia powrotnego.

Hochrainer [4] w swoim artykule podaje interpretację fizyczną prądu połukowego, rozważając stan jonizacji przestrzeni łukowej. Równowaga stanu jonizacji utrzymywana jest przez takie dopasowanie przewodności przestrzeni łukowej, że energia wydzielona w łuku wystarcza na pokrycie strat cieplnych i jonizację środków gaszących. Jeżeli prąd maleje, to temperatura i stan jonizacji muszą się dopasować. Przy szybkich zmianach dopasowanie opóźnia się i w każdym momencie jonizacja jest nieco większa, niż to odpowiadałoby charakterystyce statycznej. W chwili osiągnięcia przez prąd wartości zerowej w przestrzeni połukowej pozostaje jeszcze pewna ilość ładunków elektrycznych. Ładunki te mogą zaniknąć przez rekombinację, mogą być usunięte z przestrzeni międzystykowej przez ruch ośrodka gaszącego oraz mogą dochodzić do elektrod (styków wyłącznika) pod wpływem pola elektrycznego napięcia powrotnego. Ta ostatnia część ładunków elektrycznych pozostałych w przestrzeni połukowej wytwarza właściwe zjawisko prądu połukowego. Jeżeli dejonizacja ośrodka jest wystarczająca, prąd połukowy zanika wskutek wyczerpania zasobu wolnych elektronów i jonów w przestrzeni połukowej, jeżeli jednak prąd połukowy jest tak wielki, że może zapoczątkować nową jonizację lawinową, prąd wzrasta aż do ponownego zapłonu łuku i przechodzi w prąd następnej półfali prądu zwarcioowego.

Rozważmy przestrzeń zjonizowaną o stałym przekroju i odstępem a pomiędzy elektrodami i założmy, że jest ona wypełnio-

na jednostajnie ładunkami dodatnimi i ujemnymi w ilościach N_0^+ i N_0^- . Założmy dalej, że pomiędzy elektrody doprowadzone jest napięcie o wartości wzrastającej proporcjonalnie do czasu; natężenie pola będzie zatem również proporcjonalne do czasu $K = A \cdot t$. Jeśli przez b^+ i b^- oznaczymy ruchliwość jonów dodatnich i elektronów, to jony będą się poruszały w polu elektrycznym z prędkościami

$$v^+ = b^+ K \quad \text{i} \quad v^- = b^- K.$$

Skierowany ruch elektronów i jonów będzie stanowić prąd elektryczny o natężeniu

$$i^+ = \frac{e}{a} b^+ N^+ A t \quad \text{i} \quad i^- = \frac{e}{a} b^- N^- A t,$$

gdzie e jest ładunkiem elementarnym.

W czasie dt do elektrod dopłynie $dN = \frac{N_0}{a} v dt$ ładunków.

Liczba pozostałych ładunków wyniesie więc

$$N = N_0 \int_0^t dN = N_0 - \frac{1}{a} N_0 b \int_0^t K dt$$

i natężenie prądu w chwili t wyrazi się wzorem

$$i = \frac{e}{a} b A N_0 \left(t - \frac{b}{2a} A t^2 \right).$$

Prąd połukowy jest równy sumie prądów i^+ i i^- . Rys. 1 przedstawia wykres przebiegu prądów i^+ i i^- oraz prądu połukowego i_{Pt} w funkcji czasu. Wykres zestawiono dla $N_0^+ = N_0^-$ i $b_0^+ = b_0^- = 16 b_0^+$. Na wykresie przedstawiono również przebieg oporności połukowej R_{Pt} w funkcji czasu. Oporność R_{Pt} stanowią niejako równoległe połączone oporności r^+ i r^- , określone wzorami:

$$r^+ = \frac{U}{i^+} \quad \text{i} \quad r^- = \frac{U}{i^-}.$$

Jak widać z wzorów, początkowe wartości oporności składowych r^+ i r^- są niezależne od napięcia i natężenia pola, są jedynie funkcją początkowego stanu jonizacji. Wartości prądu połukowego zależą zatem od początkowego stanu jonizacji, a więc od wartości prądu wyłączeniowego. Im większy jest prąd połukowy, tym trudniejsze jest zgaszenie łuku.

Przebieg wyłączenia może być poprawiony przez odprowadzenie z przestrzeni łukowej możliwie dużej liczby ładunków na drodze innej, niż elektryczna, np. przez zwiększenie ośrodka dejonizującego lub powierzchni dejonizujących.

Pomiary i analiza prądów połukowych i oporności międzystykowych wyłączników pozwolą niewątpliwie bliżej i lepiej poznać proces wyłączeniowy od strony fizycznej.

Pomiary prądu połukowego następczą poważne trudności, ponieważ wymagają rejestracji prądów o natężeniach od ułamka ampera do kilkudziesięciu amperów w czasie rzędu kilkudziesięciu — kilkuset mikrosekund, przy czym bezpośrednio przed pomiarem mogą w obwodzie pomiarowym przepływać prądy o natężeniach kilkudziesięciu tysięcy amperów.

Znane są obecnie 3 podstawowe metody pomiaru prądów połukowych:

a) metoda rejestracji spadku napięcia na boczniku bezindukcyjnym z zastosowaniem wzmacniacza o charakterystyce nasyczonej, obcinającej większe napięcia, które powstają na boczniku w czasie przepływu prądów zwarciowych;

b) metoda rejestracji spadku napięcia na diawiku, ograniczającym wartości prądu zwarcioowego, i otrzymywanie wartości prądu połukowego przez całkowanie krzywej $e = -L \frac{di}{dt}$;

c) metoda pomiaru prądu przekładnikiem prądowym nasycałym; przy stosowaniu jej należy liczyć się z możliwością wpływu stanu magnetycznego przed pomiarem na dokładność pomiaru (magnetyzm szczątkowy po ostatniej półfali prądu zwarcioowego).

LITERATURA

- [1] van Sickle, Berkey. Arc Extinction Phenomena in High Voltage Circuit-Breakers. Trans. A.I.E.E. 1933, str. 850.
- [2] Slepian J. Die Löschung eines Wechselstrom-Lichtbogens im Gasstrom. E. u. M., 1933, zes. 14/15.
- [3] Teszner, Guillaume, Fourmarier, Blase, Walch. Contribution à l'étude des courants post-arc dans les interrupteurs à haute tension. CIGRE, 1952, ref. 130.
- [4] Hochrainer A. Der Nachstrom in Leitungsschaltern. ETZ, 1932, zes. 19, s. 627.

Wydawnictwa nadesłane

JELLONEK A. prof. dr inż. **MIERNICTWO RADIOTECHNICZNE.** Wyd. 2 przerobione i rozszerzone. 1952, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format B5, str. 410, cena zł 59,50. — Spis rzeczy: WSTĘP. Potrzeba pomiarów w radiotechnice. Powody oddzielenia miernictwa radiotechnicznego od elektroenergetycznego. Zakres i rozkład materiału „Miernictwa Radiotechnicznego”. — **POMIARY WIELKOŚCI ELEKTRYCZNYCH.** Pomiary natężenia prądu wielkiej częstotliwości. Pomiary napięcia wielkiej częstotliwości. Pomiar mocy wielkiej częstotliwości. Pomiary częstotliwości. Badanie kształtu krzywej. Pomiary natężenia pola. Pomiary modulacji. Źródła napięć i prądów. — **POMIARY WŁAŚCIWOŚCI OBWODÓW I ICH ELEMENTÓW.** Uwagi ogólne. Właściwości rzeczywistych elementów obwodu. Pomiary R , L i C metodą mostkową. Obwody oscylacyjne jako układy pomiarowe. Pomiary właściwości cewek indukcyjnych. Pomiary właściwości oporników. Pomiary kondensatorów. Pomiary właściwości materiałów izolacyjnych. — **WŁAŚCIWOŚCI PODZESPOŁÓW.** Pomiar lamp elektronowych i jonowych. — **WŁAŚCIWOŚCI URZĄDZEŃ.** Pomiary nadajników. Pomiary odbiorników. Pomiary anten. — Informacje wydawcy: Książka zawiera zarys miernictwa radiotechnicznego w zakresie średniej i wielkiej częstotliwości z wyjątkiem działu ultrafioletowego i mikrofalowego, który wymaga osobnego opracowania. Poszczególne części książki dotyczą istoty pomiarów radiotechnicznych, pomiarów wielkości elektrycznych, pomiarów właściwości obwodów i ich elementów, właściwości podzespołów i właściwości urządzeń. Książka jest przeznaczona dla inżynierów i techników oraz studentów wyższych uczelni technicznych.

TECHNIKA NAGRYWANIA I ODTWARZANIA DŹWIĘKÓW. Praca zbiorowa pod red. prof. dra inż. I. Maleckiego. 1953, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format B5, str. 424, cena zł 38,50. — Spis rzeczy: **ZASADY OGÓLNE.** Wiadomości wstępne. Metody zapisu. Jakość i zastosowanie różnych metod zapisu. Zarys historyczny. — **ZAPIS OPTYCZNY.** Zasadnicze typy zapisu optycznego. Modulatory światła. Źródła światła. Optyczne układy dźwiękowe. Procesy fotoelektryczne. Procesy fotochemiczne. Zasady fotochemiczne zapisu gęstościowego. Zasady fotochemiczne zapisu powierzchniowego. Układy polepszające jakość zapisu. Nagrania stereofoniczne. Posuw taśmy dźwiękowej. — **TECHNIKA FILMODZWIĘKOWA.** Filmowa taśma dźwiękowa. Technika produkcji filmu dźwiękowego. Kamery dźwiękowe. Maszyny do kopiowania i montażu. Zapis wąskopałkowy i specjalny. Projekторы filmowe. Wzmacniacze kinowe i filmy tekstowe. — **ZAPIS MECHANICZNY I ZAPISY SPECJALNE.** Rodzaje zapisu mechanicznego. Produkcja płyt gramofonowych. Przetworniki elektromechaniczne. Zapisywanie dźwięku metodą Philips-Miller. Maszyny mówiące. — **ZAPIS MAGNETYCZNY.** Podstawowe pojęcia magnetyczne. Charakterystyka urządzeń magnetofofonowych. Elementy urządzenia magnetofofonowego. Rodzaje magnetofonów i ich konstrukcja. — Informacje wydawcy: Książka zawiera opis metod optycznego, mechanicznego i magnetycznego zapisu dźwięków oraz opis urządzeń służących do zapisywania i odtwarzania dźwięku. Praca przeznaczona jest dla inżynierów i techników specjalizujących się w technice nagrywania i odtwarzania dźwięku oraz dla studentów wyższych szkół technicznych.

SZYMIK F., mgr inż. **POMIAR ROZKŁADU NAPIĘĆ NA IZOLATORACH LINII NAPIĘCIOWYCH WYSOKIEGO NAPIĘCIA.** Przepisy bezpieczeństwa pracy. Biblioteka Ochrony Pracy. 1953, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format B6, str. 30, cena 2 zł. — Informacje wydawcy: Broszura zawiera szczegółowe przepisy bezpiecznego postępowania podczas wykrywania wadliwych izolatorów w liniach przesyłowych i urządzeniach wysokiego napięcia. W przepisach wymieniono wymagane kwalifikacje pracowników brygad pomiarowych, podano skład i wyposażenie tych brygad, opisano przyrządy do pomiarów napięć oraz podano zasady organizacji i sposoby wykonania pomiarów. Przepisy oparte są na „Tymczasowych przepisach bezpieczeństwa przy eksploatacji sieci napięciowych wysokiego napięcia”, CZE wydawnictwo PWT, rok 1952. Broszura przeznaczona jest dla inżynierów, techników i wykwalifikowanych pracowników zakładów elektroenergetycznych, dla studentów wyższych szkół technicznych, jak również dla krajowych wytwórni izolatorów. Zatwierdzono przez Centralny Instytut Ochrony Pracy i Ministerstwo Energetyki.

SCHWARTZ TADEUSZ, dr inż. **ELEKTROTERMIA.** Tom. II. 1953, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Str. 272, rys. 72, cena zł 16,40. — Spis rzeczy: Grzejnictwo elektrodowe. Grzejnictwo elektrodowe w zastosowaniu do grza-

nia wody. Grzejnictwo elektrodowe w zastosowaniu do cieplnej obróbki metali. Grzejnictwo elektrodowe w zastosowaniu do termoelektrolizy. — Grzejnictwo łukowe. Łuk elektryczny. Charakterystyka obwodu. Wykres kołowy. Asymetria. — Informacja wydawcy: Książka przeznaczona jest dla pracowników zatrudnionych w przemyśle elektrotermicznym oraz dla studentów wyższych uczelni technicznych.

WOCJAN STANISŁAW. **RYСУNEK ZAWODOWY.** Dla zasadniczych szkół metalowych. 1953, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Zawodowe. Format B5, str. 146, rys. 223, cena zł 6,30. — Spis rzeczy: Wiadomości ogólne o rysunkach technicznych. Perspektywa zbieżna i równoległa. Rzuty prostokątne. Rysunek odręczny. Szkicowanie części maszynowych. Kreślenie. — Informacja wydawcy: Książka zatwierdzona do użytku szkolnictwa zawodowego w charakterze podręcznika zastępczego szkół metalowych, hutniczych, odlewniczych, górniczych, naftowych, komunikacji i transportu, żegluga i budowy okrętów, mechaniczno-energetycznych, drzewnych, papierniczych, przetwórstwa roślinno-spożywczego i mineralnych.

ALEKSIEJEW A. E. **KONSTRUKCJA MASZYN ELEKTRYCZNYCH.** Tłum. dr inż. Wł. Pełczewski. 1953, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format A4, str. 374, cena zł 59,50. — Spis rzeczy: Zasadnicze rodzaje wykonania i schematy konstrukcyjne maszyn elektrycznych. Zasadnicze założenia wpływające na konstrukcję maszyn elektrycznych przeznaczonych do różnych celów. Klasyfikacja maszyn elektrycznych według ich cech konstrukcyjnych. Typowe odmiany budowy maszyn elektrycznych i ich układy konstrukcyjne. Rodzaje ochrony maszyn elektrycznych. — Podstawy obliczenia przewietrzania. Sposoby chłodzenia i zasadnicze układy przewietrzania maszyn elektrycznych. Spotykane w praktyce układy przewietrzania maszyn elektrycznych. Przewietrzanie prądnic pionowych napędzanych turbinami wodnymi. Obliczenie strat ciśnienia w obwodach przewietrzania maszyn elektrycznych. Wentylatory. Przykłady obliczenia przewietrzania. — Obliczanie cieplne maszyn elektrycznych. Pojęcia ogólne. Obliczanie ustalonych przyrostów temperatur. Stany termiczne niestabilne. Przykłady obliczeń cieplnych. — Dane dotyczące materiałów stosowanych przy budowie maszyn elektrycznych oraz uwagi o produkcji maszyn. Ogólny przegląd materiałów czynnych i konstrukcyjnych. Charakterystyka materiałów konstrukcyjnych i dopuszczalne naprężenia mechaniczne. Uwagi dotyczące produkcji maszyn elektrycznych. Opracowywanie konstrukcji maszyn elektrycznych zależnie od sposobu produkcji. — Uzwojenia i bieguny wirników. Uzwojenia wirników maszyn asynchronicznych i maszyn prądu stałego. Bieguny i uzwojenia wirników maszyn synchronicznych. Sposoby zamocowania uzwojeń wirujących. Rozpórki międzybiegunowe. — Pierścienie ślizgowe i komutatory. Pierścienie ślizgowe. Konstrukcja komutatorów. Wyznaczanie wytrzymałościowe wycinków. Obliczenie wytrzymałościowe komutatorów. — Konstrukcja i obliczenie wytrzymałościowe wirników. Wirniki maszyn prądu stałego i maszyn asynchronicznych. Wirniki maszyn synchronicznych. Obliczenie wytrzymałościowe wirników. — Wąły. Warunki pracy wałów i ich konstrukcja. Obliczanie wałów. Drgania poprzeczne. Drgania skrętne. — Łożyska maszyn elektrycznych. Łożyska ślizgowe. Elementy teorii tarcia hydrodynamicznego. Łożyska toczne. — Magnesnice nieruchome. Uzwojenia magnesnic. Bieguny w magnesnicach. Konstrukcja magnesnicy nieruchomej. — Stojany maszyn prądu zmiennego. Uzwojenia stojanów. Rdzeń stojana. Kadłuby stojanów. Obliczanie kadłubów maszyn prądu zmiennego. — Części wiodące prąd. Szczotki i obsady szczotkowe. Jarzma szczotkowe i szyny zbiorcze. Zaciski przyłączowe. — Sprzęgła, koła pasowe i płyty posadowe. Sprzęgła. Koła pasowe i naprężacze pasowe. Sanie naciągowe i płyty posadowe. — Wskazówki dotyczące metody opracowywania konstrukcji maszyn elektrycznych. — Informacja wydawcy: Książka jest przeznaczona dla inżynierów i techników projektujących i eksploatujących maszyny elektryczne oraz dla studentów wyższych uczelni.

ZEMBRZUSKI JAN, mgr inż. **ATLAS UZWOJEŃ TRÓJFAZOWYCH SILNIKÓW ASYNCHRONICZNYCH.** 1952, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format A4, str. 134, rys

152, cena 12,50 zł — Spis rzeczy: Ogólny opis uzwojeń. Uwagi ogólne. Rodzaje uzwojeń. Podstawowe elementy uzwojeń. Uzwojenia jednowarstwowe. Uzwojenia dwuwarstwowe. Zasady budowy schematów. — Wykaz uzwojeń według liczby żłobków. — Schematy uzwojeń jednowarstwowego, prętowego, wzornikowego, koszykowego, dwuwarstwowych, dwuwarstwowych cewkowych stojanów, dwuwarstwowych prętowych wirników, specjalnych, elektrycznych uzwojeń dwubiegowych, z przełączalną liczbą biegunów, wielonapięciowych. — Informacja wydawcy: Książka przeznaczona jest dla monterów i techników, spotykających się w praktyce z naprawą uzwojeń silników.

SONDIJ FRANCISZEK. MIERNICTWO ELEKTRYCZNE. Wyd. III. 1953, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Szkolnictwa Zawodowego. Format A5, str. 240, rys. 135, cena zł 9,30. — Spis rzeczy: Układ elektrycznych jednostek pomiarowych. Wzorce. Oporniki regulacyjne. Ogólna charakterystyka przyrządów pomiarowych. Dokładność pomiarów. Mierniki magnetoelektryczne. Galwanometri. Mierniki elektromagnetyczne. Mierniki elektrodynamiczne. Watomierze. Mierniki cieplne. Pomiar prądu i napięcia. Pomiar oporności metodą techniczną. Pomiar oporności metodą spadków napięcia. Pomiar oporności mostkiem oporowym. Pomiar oporności bardzo małych. Metody kompensacyjne pomiaru siły elektromotorycznej, prądu i oporności. Pomiar indukcyjności metodą mostkową. Pomiar pojemności. Pomiar oporności elektrolitów i ogni. Pomiar mocy przy prądzie stałym. Pomiar mocy przy prądzie zmiennym. Pomiar magnetyczne galwanometrem balistycznym i sondą bizmutową. Pomiar magnetyczne. Metoda Koepsela i Epsteina. Przyrządy do bezpośredniego pomiaru oporności. Pomiar oporności izolacji przewodów. Mierniki indukcyjne. Miernik współczynnika mocy. Mierniki częstotliwości. Przyrządy wibracyjne. Oscylografy. Przyrządy elektrostacyjne. Mierniki prostownikowe. Mierniki termoelektryczne. Przyrządy piszące. Przekładniki napięciowe. Przekładniki prądowe. Liczniki energii elektrycznej z obrotowym organem ruchomym. Liczniki indukcyjne. Sprawdzanie liczników. Zasady pomiaru temperatury na drodze elektrycznej. — Informacja wydawcy: Zatwierdzono do użytku szkolnego jako podręcznik zastępczy dla II klasy wydziałów: zabezpieczeń, legalizacji liczników i monterów liczników zasadniczej szkoły zawodowej oraz jako książkę pomocniczą dla techników elektrycznych, energety-

SCHWERDTFEGER W. TECHNIKA POMIARÓW ELEKTRYCZNYCH. Tom II. Tłum. mgr inż. Andrzej Sulce. 1953, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Str. 260, rys. 153, cena zł 17,20. — Spis rzeczy: Pomiar napięcia. Pomiar natężenia prądu. Układy mostkowe prądu zmiennego. Pomiar częstotliwości. Pomiar oporności. Pomiar pojemności. Pomiar indukcyjności. Pomiar indukcyjności wzajemnej. Pomiar mocy. — Informacja wydawcy: Książka jest tomem drugim dwutomowej pracy. Poświęcona jest zagadnieniom pomiarów elektrycznych przy prądzie zmiennym. Omówiono w niej zasady i metody dokonywania pomiarów wielkości elektrycznych oraz rozpatrzono różne układy pomiarowe i sposoby sprawdzania przyrządów. Tom pierwszy był poświęcony pomiarom przy prądzie stałym. Książka jest przeznaczona dla inżynierów i techników oraz dla studentów wyższych szkół technicznych.

MAZUR MARIAN, dr inż. ELEKTRYCZNE URZĄDZENIA GRZEJNE. 1953, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Str. 368, rys. 221, tabl. 33, cena zł 36,50. — Spis rzeczy: Ciepło i temperatura. Przewodzenie ciepła. Unoszenie ciepła. Promieniowanie ciepła. Straty ciepła. Mierzenie temperatury. Regulacja temperatury. Procesy grzejne. Elektryczne metody grzejne. Rodzaje elektrycznych urządzeń grzejnych. Zasilanie elektrycznych urządzeń grzejnych. Materiały izolacyjne stosowane w elektrycznych urządzeniach grzejnych. Oporowe urządzenia grzejne pośrednie. Obliczanie elementów grzejnych. Oporowe urządzenia grzejne bezpośrednie. Elektrodeowe urządzenia grzejne. Łukowe urządzenia grzejne. Indukcyjne urządzenia grzejne. Pojemnościowe urządzenia grzejne. Promiennikowe urządzenia grzejne. Elektroerozyjna obróbka metali. Różne zastosowania. — Informacja wydawcy: W książce omówiono zasady działania, budowę i zastosowanie elektrycznych urządzeń grzejnych oraz przyrządów pomiarowych i regulacyjnych stanowiących wyposażenie tych urządzeń. Praca jest przeznaczona dla techników i inżynierów zatrudnionych w działach przemysłu, w których są stosowane elektryczne urządzenia grzejne.

IWANOW A. ELEKTRYCZNE ŹRÓDŁA ŚWIATŁA. Lampy wydładowe. 1953, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Naukowe. Format B4, str. 575, cena zł 49,50. — Spis rzeczy: Wid-

ma i budowa atomu. Widma. Teoria planetarna atomu. Teoria atomu w mechanice kwantowej. Warunki kwantowe i reguły wyboru. — Podstawowe zjawiska w wydładowych źródłach światła. Przewodność elektryczna ośrodka gazowego. Podstawowe procesy w lampach wydładowych. Własności wydładowych zachodzących w lampach wydładowych. — Ogólne własności elektryczne i świetlne wydładowych źródeł światła. Własności elektryczne wydładowych źródeł światła. Własności świetlne i eksploatacyjne wydładowych źródeł światła. — Lampy i rurki jarzeniowe z gazami trwałymi. Lampy świetlne z poświatą ujemną. Rurki świetlne z zorzą dodatnią. Rurki łukowe z zorzą dodatnią. — Lampy i rurki z parami metali. Lampy jarzeniowe niskiego ciśnienia z parą rtęci. Lampy jarzeniowe niskiego ciśnienia z parą sodu. Lampy jarzeniowe wysokiego ciśnienia z parą rtęci. Lampy jarzeniowe najwyższego ciśnienia z parą rtęci. Lampy z amalgamatami i parami innych metali. — Lampy jarzeniowe o zwiększonej wydajności świetlnej i poprawionej barwie światła. Fotoluminescencyjne lampy jarzeniowe. — Lampy z elektrodami świecącymi. Ogólne własności wydładowania łukowego zużytkowanego w lampach ze świecącymi elektrodami. Lampy ze świecącymi elektrodami z wolframu w atmosferze gazu obojętnego i pary rtęci. Lampy z elektrodami świecącymi pracującymi w powietrzu atmosferycznym. — Szczególne rodzaje lamp wydładowych. Lampy najwyższego ciśnienia z gazami ciężkimi, lampy indukcyjne oraz błyskowe.

SKONIECZNY MIECZYSLAW, mgr. ELEKTRYCZNE PRZYRZĄDY POMIAROWE. Wskazówki właściwego użytkowania. 1953, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format B6, str. 99, rys. 94, tabl. 10, cena zł 5,50. — Informacja wydawcy: W książce omówiono w sposób popularny sprawy dotyczące zasad działania, zakresu stosowania i sposobów prawidłowego posługiwania się elektrycznymi przyrządami pomiarowymi, z którymi elektromonter lub mniej wykwalifikowany pracownik zakładu przemysłowego najczęściej ma do czynienia w praktyce. Praca wyróżniona na konkursie ogłoszonym przez Państwowe Wydawnictwa Techniczne na opracowanie popularnej broszury technicznej o charakterze praktycznym, przeznaczonej dla robotników.

LANIECKI WITOLD, dr. PÓLPRZEWODNIKI. Część II. Prostowniki stykowe. 1953, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format A5, str. 176, rys. 67, cena zł 9,60. — Spis rzeczy: Wstęp. Ogólna zasada działania prostownika stykowego. Właściwości prostownika stykowego. Metody wytwarzania i właściwości płytek prostowniczych miedzianych. Metody wytwarzania i właściwości płytek prostowniczych selenowych. Metody wytwarzania i właściwości prostowników krzemowych. Metody wytwarzania i właściwości prostowników germanowych. Współczesne poglądy na mechanizm prostowania przez styk. Perspektywy rozwoju prostownika stykowego. Montowanie stosów prostowniczych. Układy prostownicze. Konstrukcyjne wykonanie prostownika. Zastosowanie praktyczne prostowników stykowych. Wzmocnianie i generacja drgań elektromagnetycznych za pomocą prostowników. Zakończenie. — Informacja wydawcy: W książce omówiono zagadnienia związane z teorią prostowania oraz budowę, technologię i zastosowanie elektrycznych prostowników stykowych. Praca przeznaczona jest dla magistrów, inżynierów, elektryków i fizyków interesujących się zagadnieniami produkcji, wynalazczości i racjonalizatorstwa w dziedzinie elektrycznych prostowników stykowych i ich zastosowania w elektrotechnice. Poza rozdziałami teoretycznymi książka może być z korzyścią czytana przez techników i pracowników ze średnim wykształceniem technicznym.

MINISTERSTWO PRZEMYSŁU MASZYNOWEGO. PRACE PRZEMYSŁOWEGO INSTYTUTU TELEKOMUNIKACJI. Rok III, nr 8. 1952, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format A4, str. 83, cena zł 27,50. — Spis rzeczy: Nowicki B. Zespół do pomiaru częstotliwości od 0 do 5500 c/s. — Bzowski T. Telewizyjna technika impulsowa. — Wojnar A. Wpływ rozproszenia transformatora wyjściowego na moc maksymalną wzmacniacza pentodowego. — Smoliński A. Rzeźbywista moc wyjściowa pentody całkowicie wzbudzonej. — Zagajewski T. Oporowa stabilizacja częstotliwości samowzbudnych generatorów lampowych. — Pajewski W. Syntetyczne kryształy piezoelektryczne. — Straszewicz W. Przyczynek do teorii zniekształceń nieliniowych w układach mającej częstotliwości.

BIULETYN INSTYTUTU ELEKTROTECHNIKI

Rok VII — nr 48

Warszawa, Piękna 68

Grudzień 1953 r.

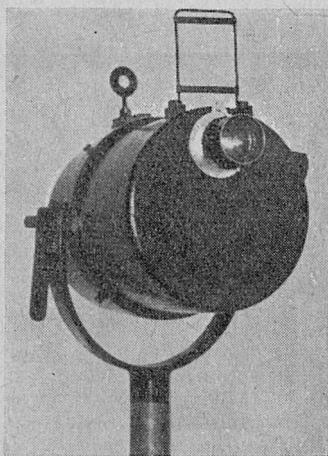
Zakład wysokich Napięć

APARAT FOTOGRAFICZNY Z WIRUJĄCĄ BŁONĄ W ZASTOSOWANIU DO BADAŃ DŁUGICH ISKIER

W warsztacie Zakładu Wysokich Napięć wykonano aparat fotograficzny do badania laboratoryjnego długich iskiei. Jest to aparat z błoną fotograficzną, wirującą względem nieruchomego obiektu. Błona w kształcie pierścienia o średnicy zewnętrznej 120 mm przymocowuje się do płaskiej tarczy osadzonej na wale silnika prądu stałego. Przez zmianę napięcia zasilania można prędkość obrotową silnika regulować w zakresie od 7 000 — 14 000 obr./min. Największa prędkość liniowa środka obrazu wynosi 75 m/s. Aparat zawiera obiektyw Alitar 1:1,8, $F = 5$ cm, który daje przez dodatkową przesłonę obraz na błonie o wymiarach 24 mm $\times$ 24 mm. Skalę czasu wyznacza się na podstawie pomiaru napięcia zasilania silnika i krzywej obrotów silnika w funkcji napięcia.

Przy wykonywaniu aparatu znaczną trudność nastęrczało precyzyjne wytoczenie i wyważenie ruchomej tarczy, które ograniczyło drgania jej w całym zakresie prędkości obrotowej silnika. Inną trudność stanowiło to, że zwykle błony fotograficzne znajdujące się w handlu okazały się zbyt mało czułe. Wynikła więc konieczność stosowania błony o czułości około 35° Scheinera.

Opisany aparat bywa także nazywany kamerą wirującą. Przedstawia go wraz z fragmentem statywu rys. 1. Na obudo-



Rys. 1. Aparat fotograficzny z wirującą błoną

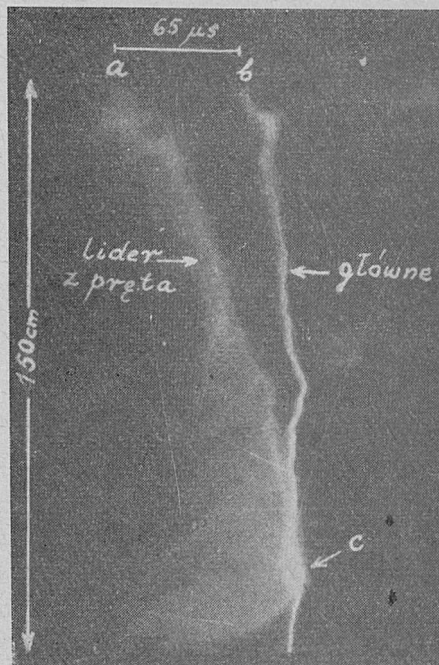
wie widoczny jest obiektyw, wziernik oraz celownik. Silnik napędzający tarczę znajduje się wewnątrz obudowy.

Sposób wykonywania zdjęć długich iskiei jest następujący. Po nastawieniu aparatu przy pomocy celownika tak, aby on obejmował przerwę iskrową, oraz po dobraniu ostrości obrazu włącza się silnik napędzający tarczę. Gdy błona wiruje z jednostajną prędkością, odczytuje się napięcie, a następnie zaciemnia pomieszczenie; wtedy otwiera się obiektyw przy pomocy kapturka zakrywającego go z zewnątrz, następnie wywołuje się iskrę i zakrywa obiektyw.

Próbne zdjęcia wykonane wyżej opisanym sposobem podają rys. 2, 3 i 4.

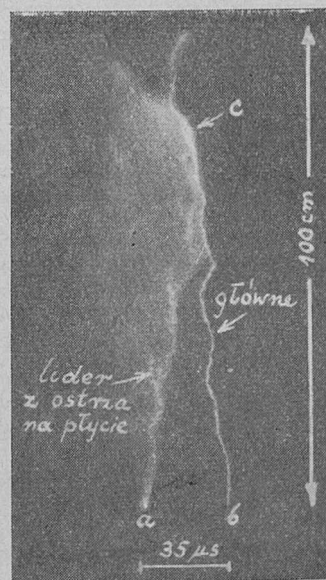
Zdjęcie na rys. 2 wykonano dla układu elektrod pręt — płyta uziemiona o wymiarach 6 $\times$ 6 m, z ostrzem o długości 5 cm, zamocowanym na płycie naprzeciw pręta. Odstęp między prętem i ostrzem wynosił 150 cm. Do pręta doprowadzano udary dodatnie. Między prętem i generatorem włączono opornik bezindukcyjny na 200 k Ω , ograniczający prędkość czoła lidera. Zdjęcie to wykonano przy najniższym napięciu generatora wystarczającym do wywołania przeskoiku przy każdym udarze (około 1000 kV). U góry, w miejscu zaznaczonej skali czasu, znajduje się niewidoczny na zdjęciu koniec pręta, a u dołu również niewidoczny na zdjęciu koniec ostrza.

Wskutek wirowania błony w czasie wytwarzania się iskry, koniec pręta (punkt *a* na rys. 2) przesunął się pozornie w prawo aż znalazł się w punkcie *b*. Czas odpowiadający temu prze-



Rys. 2. Wyladowanie w układzie pręt-ostrze na płycie uziemionej przy odstępie 100 cm i napięciu udarowym ujemnym; w szereg z przerwą iskrową włączono opornik bezindukcyjny na 200 k Ω

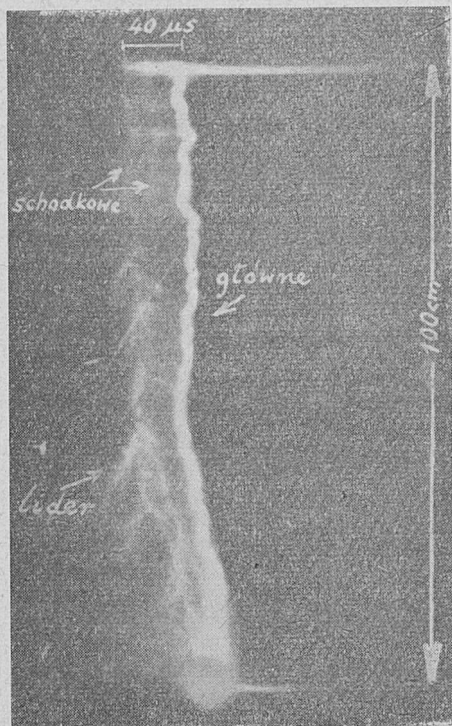
sunieciu wynosi około 65 μ s. W tym czasie około lidera przechodzi od pręta do punktu *c*, gdzie następuje spotkanie z wyładowaniem wychodzącym z ostrza. Następnie zjawia się wyłado-



Rys. 3. Wyladowania w układzie pręt-ostrze na płycie uziemionej przy odstępie 100 cm i napięciu udarowym ujemnym; w szereg z przerwą iskrową włączono opornik bezindukcyjny na 200 k Ω

wanie główne, którego czoło przesunęło się bardzo prędko w porównaniu z czołem lidera, bo pomimo dużej prędkości wirowania błony obraz wyładowania głównego otrzymujemy w przybliżeniu taki, jak na nieruchomej błonie.

Następne zdjęcie iskry (rys. 3) wykonano w układzie jak poprzedni, lecz przy zmniejszonej odległości elektrod do 100 cm



Rys. 4. Wyladowanie w układzie pręt- płyta uziemiona przy odstępnie 100 cm i napięciu udarowym dodatnim; w szereg z przerwą iskrową włączono opornik bezindukcyjny na 200 k Ω oraz zwierany opornik bezindukcyjny na 40 k Ω

oraz przy zmienionej biegunowości udaru, bo do pręta doprowadzono udar ujemny około 1000 kV. Lider — przeciwnie niż na rys. 3 — wychodzi tu z ostrza (które ma potencjał dodatni względem pręta) i dochodzi do punktu c, w którym następuje połączenie wyladowań z ostrza i pręta. W czasie trwania lidera ostrze znajdujące się w punkcie a przesuwa się pozornie do punktu b. Następną fazę stanowi wyladowanie główne.

Zdjęcie na rys. 4 przedstawia wyladowanie iskrowe w układzie pręt-płyta uziemiona, przy odstępnie 100 cm i udarze dodatnim (około 800 kV), wytwarzanym przez generator. Oprócz opornika na 200 k Ω w szereg z przerwą iskrową włączono dodatkowo opornik 40-kiloomowy z iskiernikiem równoległym o średnicy 125 mm, zamocowanym bezpośrednio na oporniku. Dodatkowy opornik z iskiernikiem służył do wytwarzania wyladowań schodkowych. Wyladowania schodkowe występowały przy zwiększaniu skokiem napięcia, doprowadzonego do układu elektrod, w czasie rozwijania się lidera. W danym układzie zwiększenie skokiem napięcia wywołane było zwarcie przez iskiernik równoległy opornika na 40 k Ω . Wskutek tego zwarcia napięcie przerwy iskrowej wzrastało skokiem o spadek napięcia na oporniku 40-kiloomowym wywołany prądem lidera.

W niektórych przypadkach długich iskieł występowały dwa wyladowania schodkowe, przy czym tylko jedno z nich wytwarzano za pomocą zwarcia opornika 40-kiloomowego. Przypadek taki przedstawia zdjęcie na rys. 4. Jedno wyladowanie schodkowe ma długość około jednej trzeciej przerwy międzyelektrodowej, a drugie około dwóch trzecich tej przerwy.

Początkowa część lidera jest na zdjęciu niewidoczna, nie można więc ustalić chwili wyjścia lidera z pręta. Jest on widoczny dopiero od chwili wystąpienia pierwszego wyladowania schodkowego, wykazując charakterystyczne rozgałęzienia po wystąpieniu zarówno pierwszego, jak i drugiego wyladowania schodkowego.

Kanał wyladowania głównego na rys. 4 ma znacznie większą średnicę niż kanał wyladowania głównego na rys. 2 i 3. Zaznaczyć się tu głównie wpływ pojemności dzielnika pomiarowego, przyłączonego do pręta w przypadku podanym na rys. 4 i odłączonego w przypadku podanym na rys. 2 i 3.

Mgr H. Ryżko

Wydawnictwa nadesłane

SKOWROŃSKI JERZY, prof. dr inż. **LABORATORIUM MATERIAŁOZNAWSTWA ELEKTRYCZNEGO**. Politechnika Wrocławska. 1953, Wrocław, Państwowe Wydawnictwo Naukowe. Str. 158, rys. 81, cena zł 11,85. — Spis rzeczy: Materiały przewodzące. Wiadomości ogólne. Ogólne własności materiałów przewodzących. Materiały przewodowe. Materiały oporowe. Materiały konstrukcyjne przewodzące. Materiały przewodzące pomocnicze. Termobimetale. Materiały na druty topikowe bezpieczników. — Materiały magnetyczne. Wiadomości ogólne. Materiały magnetycznie miękkie. Materiały magnetycznie twarde. — Materiały izolacyjne. Wiadomości ogólne. Oleje izolacyjne. Zalewy kablowe. Lakier izolacyjny. Papiery. Tłoczywa termoutwardzalne. Materiały ceramiczne. — Z przedmowy autora: Laboratorium Materiałoznawstwa Elektrycznego wprowadzone na Wydziale Elektrycznym Politechniki Wrocławskiej od roku 1950/51 ma na celu zaznajomienie studentów kierunku technologicznego z zasadniczymi metodami badania surowców elektrotechnicznych. Skrypt niniejszy ma ułatwić odrabiającym ćwiczenia przygotowanie do nich. Prócz tego może służyć jako podręcznik do uzupełnienia wiadomości z dziedziny badania materiałów. Aczkolwiek przeznaczony w zasadzie do celów dydaktycznych, skrypt ten może również oddać usługi laboratoriom przemysłowym itp., ponieważ zebrane są w nim możliwie kompletnie metody i wskazówki badania materiałów elektrotechnicznych.

TOLŁOCZKO BOLESŁAW, mgr inż., prof. Politechn. Warszawskiej, **KOTŁY PAROWE**. Tom I, zeszyt 2. 1952, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format B5, str. 52, rys. 53, cena 5 zł. — Spis rzeczy: Paleniska kotłowe. Obliczanie paleniska. Paleniska ręczne. Paleniska z rusztem pochyłym. Paleniska z rusztem schodkowym. Paleniska półgazowe. Paleniska z rusztem kotłowym. — Informacja wydawcy: Praca przeznaczona

jest głównie dla inżynierów i magistrów pracujących w tej gałęzi energetyki oraz studentów wyższych szkół technicznych.

SYROMIATNIKOW I. A. PRACA SILNIKÓW ASYNCHRONICZNYCH. Tłum. mgr inż. B. Walentynowicz. 1953, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format B5, str. 224, cena zł 23. — Spis rzeczy: Zasadnicze właściwości silników asynchronicznych. Wyznaczanie charakterystyki momentu. Wyznaczanie sprawności silnika asynchronicznego. Praca silników asynchronicznych przy odchyleniach częstotliwości, napięcia i obciążenia od wartości znamionowych. Charakterystyki cieplne. Charakterystyki momentu mechanizmów napędzanych. Zachowanie się silników przy rozruchu i wybiegu. Rozruch silników oraz wyznaczenie granicznej mocy silników na podstawie warunków rozruchowych. Wyznaczenie mocy silników nieodłączanych wykonujących samorozruch. Praca silnika w przypadku asymetrii. Odbiorcze i eksploatacyjne próby silników. Informacja wydawcy: Książka jest przeznaczona dla inżynierów zajmujących się eksploatacją silników asynchronicznych, a zwłaszcza dla inżynierów odpowiedzialnych za właściwą pracę napędów w elektrowniach i w przemyśle oraz dla studentów szkół wyższych.

KRUG KAROL. PODSTAWY ELEKTROTECHNIKI. Część II. 1953, Państwowe Wydawnictwo Naukowe. Str. 571, cena zł 41. — Spis rzeczy: Prądy sinusoidalnie zmienne. Prądy wielofazowe. Niesinusoidalne prądy zmienne. Obwody prądu zmiennego z rdzeniami stalowymi. Transformatory. Pole magnetyczne wirujące. Metoda składowych symetrycznych. Zjawiska nieustalone w obwodach ze stałymi skupionymi. Obwody ze stałymi rozłożonymi. Zjawiska nieustalone w obwodach ze stałymi rozłożonymi. — Informacja wydawcy: Książka pomocnicza zatwierdzona decyzją Ministerstwa Szkolnictwa Wyższego z dnia 2.III.1951 r. nr DN-IV-22/a/5/51 do użytku na szkołach wyższych.

PRZEGLĄD DOKUMENTACYJNY ELEKTROTECHNIKI

opracowany przez OŚRODEK DOKUMENTACJI ELEKTROTECHNIKI

Dodatek do miesięcznika PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY

Rocznik 5

Warszawa, listopad 1953 r.

Nr 11

Gwiazdkami, obok porządkowych liczb artykułów, oznaczone są publikacje znajdujące się w bibliotece Instytutu Elektrotechniki

Elektrownie parowe

530* 621.34:621.311.18 D1
Carr T. H.: Zasilanie potrzeb własnych elektrowni parowych. „Steam power station auxiliary supplies”. Beama J., London, mies., t. 59, Nr 178, kw. 52, s. 113; A5, 5,5 str., 6 fot. — Warunki stawiane, napędowi urządzeń potrzeb własnych elektrowni. Wybór rodzaju napędu i układu zasilającego. Podział na urządzenia bardziej i mniej ważne. Zasilanie potrzeb własnych: z szyn głównych, z generatora potrzeb własnych sprzężonego z generatorem głównym, z generatora z oddzielnym napędem, z transformatora trójzwojowego. Napędy parowe.

531* 621.311.18.003 D1
Boutet R.: Rola elektryczności w wydajności kotłów elektrowni ciepłych. „Le rôle de l'électricité dans la productivité des chaudières de centrales à vapeur”. Bull. A. I. M., Liège, mies., r. 64, Nr 4, kw. 51; s. 207; B5, 14 str. — Omówienie też do dyskusji nad zagadnieniem wpływu elektrycznych wyposażań kotłowni na koszt pary wodnej w elektrowniach ciepłych. Rola właściwego doboru silników, elektrycznych urządzeń dźwigowych i załadowniczych, urządzeń do pomiarów zdalnych i sterowania zdalnego oraz urządzeń do elektrycznego odpylania spalin w wydajności nowoczesnej kotłowni.

Przemysł elektrotechniczny

532* 658.5:061.6:621.312 D1
Kanaiew: Twórcza współpraca instytutów z zakładami przemysłowymi. „Twórczeskoje sodružestwo instituta s zawodami”. Z. techn. Fiz., Moskwa, mies., t. 21, Nr 12, grud. 51, s. 1561; B5, 7,5 str., 3 fot., 2 rys., 2 wykr. — Rezultaty twórczej współpracy pracowników naukowych Instytutu Kotłów i Turbin z pracownikami fabryk i elektrowni w dziedzinie zagadnień postępu technicznego przemysłu budowy kotłów i turbin. Artykuł zawiera wskaźniki techniczne z dziedziny energetyki (np. średnie zużycie paliwa w ZSRR 0,539 kg/kWh wobec 0,59 kg/kWh w najlepszych elektrowniach USA). Przykłady stosowania nowoczesnych metod badawczych do rozwiązania praktycznych zagadnień przemysłu.

533* 621.313:621.316.54.062.24 D1
Kussy W.: Nowe wyłączniki do silników wysokiego napięcia. „Neue Schaltgeräte für Hochspannungsmotoren”. Elektrotechnik (Berlin), Leipzig, mies., t. 6, Nr 12, grud. 52, s. 596; A4, 4 str., 3 fot., 2 rys., 1 wykr., 1 tabl. — Zmiany w nowych przepisach VDE dotyczących wyłączników. Łączniki do stojana. Styczniki olejowe i powietrzne. Gaszenie łuku. Włączniki w obwodzie wirnika. Rozruszniki pływowe i metalowe. Dobór styczników do rozrusznika.

534* 621.313.045 D1
Bolz G.: Aluminium jako metal na uzwojenia. „Aluminium als Wicklungsmetall”. Elektrotechnik (Berlin), Leipzig, mies., t. 6, Nr 3, marz. 52, s. 101; A4, 2 str. — Występowanie aluminium na świecie oraz jego własności fizyczne. Porównanie gospodarczych korzyści zastosowania miedzi i aluminium. Możliwości zastąpienia uzwojeń miedzianych aluminium przy pozostawieniu tych samych wymiarów żelaza. Wytyczne do projektowania nowych typów maszyn.

535* 621.313.047.2:331.876 D1
Studium produkcji komutatorów według metody Kowalowa. „Arbeitsstudie nach der Kowalow-Methode im Kollektorenbau”. Elektrotechnik (Berlin), Leipzig, mies., t. 6, Nr 4, kw. 52, s. 184; Nr 5, maj 52, s. 231; A4, 9,5 str., 6 fot., 7 rys., 3 wykr., 2 tabl. — Dane dotyczące lokalizacji i warunków pracy stoisk poddanych badaniom. Narzędzia i materiały wyjściowe. Opis poszczególnych operacji. Czasy operacji. Opis wykonywania tej samej pracy przez różnych pracowników. Omówienie krytyczne osiągniętych wyników.

536* 621.313.1:621.318.2.001:538.24 D1
Barskij S. Z.: Podłużno-poprzeczne magnesowanie i jego powstawanie w maszynach elektrycznych. „Prodolno-popierecznoje namagnicziwanie i jewo projawlenie w elektriczeskich maszinach”. Elektrizestwo, Moskwa, mies., Nr 12, grud. 52, s. 22; A4, 8 str., 2 rys., 7 wykr. — Teoria zjawisk przy podłużno-poprzecznym magnesowaniu obwodów ferromagnetycznych. Przypadek, gdy strumień podłużny i strumień poprzeczny wywołane są słabym przepływem oraz przypadek, gdy jeden ze strumieni jest zmienny. Zastosowanie w teorii maszyn elektrycznych.

537* 621.313.226.3.001 D1
Brüderlink R.: Analizyczna teoria amplitudyny. „Zur analytischen Theorie der Amplitudyne”. Arch. Elektrotechn., Berlin, t. 40, Nr 7, 1952, s. 434; A4, 7,5 str., 2 rys., 2 wykr., 4 poz. bibl. — Definicje i obliczenie stałych amplitudyny. Równania równowagi napięć przy zasilaniu maszyny prądem zmiennym. Rozwiązania równań dla prądu pracy statycznej przy prądzie stałym i zmiennym. Zjawiska przejściowe przy udarach napięcia w obwodzie wejściowym. Wpływ bocznikowego uzwojenia wzbudającego.

538* 621.313.333 D1
Jordan H.: Niesymetryczne wały wyrównawcze i wały wielomaszynowe. „Über unsymmetrische Ausgleichwellen und Mehrmaschinenwellen”. Arch. Elektrotechn., Berlin, t. 40, Nr 7, 1952, s. 391; A4, 6,5 str., 1 rys., 3 wykr., 1 poz. bibl. — Analiza prądów i momentów wału elektrycznego wyrównawczego złożonego z dwóch maszyn różnych typów. Statyczna granica obciążenia wału niesymetrycznego. Zastosowanie wyprowadzonych zależności do wału złożonego z wielu maszyn. Wnioski.

539* 621.313.333:621.34:621.311.18 D1
Silniki z łożyskami o przymusowym obiegu oleju, przeznaczone do napędu dużych, szybkoobrotowych pomp zasilających kotły. „Large high-speed boiler feed pump motors with forced-oil lubricated sleeve bearings”. Metropolitan-Vickers Gaz., Manchester, mies., t. 24, Nr 394, kw. 52, s. 164; A4, 0,5 str., 1 fot. — Niektóre szczegóły konstrukcyjne silnika klatkowego o mocy 1225 KM, 2980 obr./min., przeznaczonego do napędu pomp zasilających kotły w elektrowniach. Warunki pracy silnika. Rozwiązanie konstrukcyjne łożysk.

540* 621.313.333:621.34:621.876:622 D1
Ziww L. G.: Obliczanie oporów rozruchu silnika asynchronicznego kopalnianej maszyny wyciągowej. „Rasczot puskowych soprotiwlenij asinchronnowo dwigatiela szachtnoj podjomnoj masziny”. Elektrizestwo, Moskwa, mies., Nr 12, grud. 52, s. 29; A4, 5 str., 4 wykr., 4 poz. bibl. — Metoda obliczania oporów rozruchu. Określanie, na podstawie danych katalogowych silnika i czasu rozruchu, największych i najmniejszych sił i oporów rozruchu. Obliczanie zmiennych warunków pracy maszyny wyciągowej. Przykłady obliczania.

Transformatory

541* 621.314.25 D1
Parton J. E.: Teoria autotransformatora do przetwarzania liczby faz. „A theory of auto phase-transformers”. Beama J., London, mies., t. 59, Nr 178, kw. 52, s. 100; A5, 12 str., 11 wykr., 8 poz. bibl. — Zastosowanie układów do przetwarzania liczby faz. Transformator liczby faz z dwoma uzwojeniami połączonymi w gwiazdę. Równoważne układy o połączeniu w wielobok. Kombinacje układów autotransformatorowych. Uzwojenia autotransformatora na cztery lub pięć faz. Układy stosowane w praktyce.

542* 621.314.224.088.6 D1
Pietrow G. N., Okuń S. S.: Przekładniki prądowe z kompensacją uchybów według metody MEI. „Transformatory toka s kompensaciej pogriesznostiej po metodu MEI”. Elektrizestwo, Moskwa, mies., Nr 12, grud. 52, s. 14; A4, 8 str., 2 rys., 9 wykr., 3 poz. bibl. — Teoria przekładników prądowych z zastosowaniem boczników magnetycznych i umieszczeniem uzwojenia wtórnego na dwóch rdzeniach. Możliwość szerokiej regulacji dla uzyskania najlepszej kompensacji. Pola magnetyczne przekładnika. Wykresy wektorowe, parametry kompensacji i uchyby przekładnika prądowego z kompensacją.

Prostowniki

543* 621.314.6.062.2:621.3.064.31 D1
Kowalewska J. P.: Zapłony zwrotne przy szeregowym połączeniu prostowników. „Obratnyje zażiganja pri posledowatielnom sojedineniji wentilej”. Elektrizestwo, Moskwa, mies., Nr 7, lip. 51, s. 33; A4, 3,5 str., 2 rys., 7 wykr., 4 poz. bibl. — Zmniejszenie prawdopodobieństwa uszkodzeń od zwrotnych zapłonów przez szeregowo łączenie prostowników w urządzeniach prostow-

ników. Zależność częstotliwości zapłonów zwrotnych od napięcia. Analiza stopnia prawdopodobieństwa powstawania zapłonów zwrotnych przy szeregowym połączeniu wentyli. Badania doświadczalne.

544* 621.314.671:621.331 D1
Posse A. W.: **Wielostopniowy jednofazowy prostownik z jonowymi lampami prostownikowymi dla zasilania silników trakcyjnych.** „Mnogostopniowy jednofazowy prostownik z jonowymi wentylami dla pędzenia ciężkich dwigateli”. Elektryczestwo, Moskwa, mies., Nr 12, grud. 52, s. 34; A4, 5,5 str., 2 rys., 3 wyk., 2 tabl., 6 poz. bibl. — Podano zasadniczy i równoważny zastępczy schemat wielostopniowego jednofazowego prostownika i warunki jego pracy. Równania różniczkowe. Wartości chwilowe prądów. Krzywe napięć i prądów przy przechodzeniu z jednego stopnia na drugi. Omawiany prostownik pozwala na szeroką i płynną regulację wyprostowanego napięcia.

545* 621.314.69:621.3.064.31.001.24 D1
Samodielkin W. B.: **Obliczanie powrotnego napięcia na prostownikach trójfazowego układu mostkowego.** „O rasczotie wosstanawliwajuszczewosia napriazhenia na wentilach w triochfaznoj mostowej schiemie”. Elektryczestwo, Moskwa, mies., Nr 12, grud. 52, s. 40; 5 str., 6 rys., 2 wyk., 1 poz. bibl. — Metoda obliczania szybkości powstawania powrotnego napięcia przy uwzględnieniu pojemności i oporności układu. Przekształcanie układu. Rozkładanie układu skomplikowanego na szereg układów uproszczonych dających się łatwo obliczyć. Nakładanie się na powrotne napięcie drgań stanów przejściowych wywołanych zapłonem.

Linie napowietrzne

546* 621.315.027.84:621.3.017.13.001.24:621.3.015.532 D1
Wienikow W. A., Fiodorow D. A.: **Obliczanie strat na koronę w elektrycznych liniach przesyłowych 400 kV.** „Uczot potier na koronu w liniach elektropriedaczii 400 kV”. Elektryczestwo, Moskwa, mies., Nr 1, stycz. 51, s. 10; A4, 4,5 str., 7 wyk., 2 tabl., 3 poz. bibl. — Uwzględnienie przy projektowaniu linii przesyłowych najwyższych napięć strat na zjawisko korony. Porównanie danych doświadczalnych z wynikami obliczeń. Zależność strat od napięcia pola elektrycznego na powierzchni przewodów, od warunków atmosferycznych oraz od rozstawienia przewodów.

Kable

547* 621.315.2:537.572 D1
Zarin D. D.: **Przyczyny samoczynnego zanikania jonizacji w kablach.** „Prizhiny awtomaticheskogo zatuchanija jonizacii w gazonapolnienich kablach”. Elektryczestwo, Moskwa, mies., Nr 2, luty 51, s. 13; A4, 3 str., 2 rys., 2 tabl., 2 poz. bibl. — Zależność między podwyższeniem stopnia jonizacji a zwiększeniem przewodności powierzchni, obejmującej warstwę gazową wewnątrz izolacji kabla. Analiza zjawiska zanikania jonizacji. Układy porównawcze.

548* 621.315.2.017.7.001.24 D1
Bragin S. M.: **Ulepszony sposób obliczania kabla na grzanie.** „Utochniennij metod tiepłowowo rasczota kabiela”. Elektryczestwo, Moskwa, mies., Nr 5, maj 52, s. 5; A4, 5,5 str., 5 wyk., 3 tabl. — Zależność współczynnika oddawania ciepła od ilości ciepła wydzielanego i od wielkości powierzchni ciała oddającego ciepło. Zależność współczynnika oddawania ciepła i temperatury od czasu nagrzewania. Rozpatrzono przypadek, gdy temperatura przewodu ustaliła się oraz przypadek, gdy temperatura jest nieustalona (grzanie i chłodzenie).

Przewody izolowane

549* 621.315.336.7:621.315.616 D1
Van de Kerchove M.: **Jakość przewodów w oponie gumowej w r. 1950.** „La qualité des câbles sous caoutchouc en 1950”. bull. A.I.M., Liège, mies., r. 64, Nr 1, stycz. 51, s. 11; B5, 18,5 str. — Kauczuk jako tworzywo podstawowe w produkcji przewodów w gumie. Postęp w dziedzinie technologii przeróbki kauczuku naturalnego używanego do izolacji i zabezpieczania przewodów. Próby starzenia. Starzenie sztuczne i naturalne, ich wzajemny związek oraz wpływ starzenia na dopuszczalne obciążenie przewodów. Kauczuk sztuczny — jego zalety i wady oraz zakres stosowania. Obecne tendencje w doborze tworzyw kauczuku sztucznych.

Materiały przewodzące

550* 621.315.5.001.24.083.4 D1
Savater J.: **Tabele dla szybkiego wyboru przekroju przewodów w instalacjach elektrycznych I kategorii.** „Abaques pour le choix rapide de la section des conducteurs dans les installations électriques de 1-re catégorie”. Electricité, Paris, mies., Nr 189, grud. 52, s. 252; A4, 6 str., 3 wyk., 4 tabl. — Wymagania przepisów odnośnie przewodów instalacyjnych. Opis sposobu wyko-

niania nomogramów do określania przekroju przewodów przy założonym spadku napięcia i długości. Tabele dopuszczalnego obciążenia przewodów miedzianych i aluminium w gumie kabli miedzianych i aluminium obolowanych (przy jedno-, dwu-, trój- i czterożyłowym kablu). Przykłady korzystania z wykresów i tabel (linia jedno-, dwu- i trójprzewodowa).

551* 621.315.52/53.003 D1
Głazunow A. A., Rozanow G. M.: **Ekonomiczne właściwości stosunek przekroju aluminium i stali w przewodach stalowo-aluminiowych.** „Ekonomičeski celesoobraznoje odnoszenie sieczeni aluminia i stali w stalealuminiewiczch prowodach”. Elektryczestwo, Moskwa, mies., Nr 5, maj 52, s. 10; A4, 4,5 str., 6 tabl. — Do tychczasowe konstrukcje przewodów stalowo-aluminiowych są pod względem ekonomicznym niewłaściwe. Propozycja nowej konstrukcji o zmienionym stosunku przekrojów aluminium i stali. Nowa konstrukcja daje 25 do 30% oszczędności stali.

Izolatory

552* 621.315.624:621.316.932:621.315.19.027.3 D1
Solodownik G. S.: **Zabezpieczająca armatura elektrycznych wysokonapięciowych linii przesyłowych.** „Zaszcitnaja armatura vysokowoltnych linij elektropriedaczii”. Elektryczestwo, Moskwa, mies., Nr 10, paźdz. 51, s. 15; A4, 4,5 str., 2 rys., 1 tabl., 9 poz. bibl. — Wymagania stawiane zabezpieczającej armaturze przy różnych napięciach roboczych. Rozkład napięcia na łańcuchu izolatorów. Zabezpieczenie od kaskadowych wyładowań udarowych na łańcuchu i odsuwanie od izolatorów łuku o częstotliwości roboczej. Wpływ wielkości prądu łuku, szybkości wyłączenia i typu armatury na uszkodzenia izolatorów. Rozkład sił elektromagnetycznych działających na łuk.

Sieci elektryczne

553* 621.316.11.001.24 D1
Ajzenberg B. L.: **Wybór metody obliczania miejskich sieci elektrycznych.** „Wybor sposoba rasczota gorodskich elektriceskich sietiej”. Elektryczestwo, Moskwa, mies., Nr 12, grud. 52, s. 9; A4, 4,5 str., 2 rys., 4 tabl., 4 poz. bibl. — Zestawienie wyników obliczeń obciążeń przekrojów przewodów różnych części miejskich sieci elektrycznych. Sieci napowietrzne i kablowe. Zestawienie przekrojów kabli sieci zasilającej 6 kV dla trzech różnych układów. Porównanie kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych dla trzech układów sieci zasilającej 6 kV o dwóch punktach rozdzielczych.

554* 621.316.13:621.315.23.015.3 D1
Pokrass M. P.: **Przebiegi nieustalone w niektórych typach obwodów elektrycznych.** „Nieustacionarnyje processy w niekotorych tipach elektriceskich cepiej”. Elektryczestwo, Moskwa, mies., Nr 7, lip. 51, s. 65; A4, 7 str., 2 rys., 10 wyk., 4 tabl., 9 poz. bibl. — Analiza zjawisk powstających przy włączaniu i wyłączaniu linii kablowej. Zależność prądu i napięcia od czasu. Uproszczony sposób określania tych zależności. Przykłady zastosowania.

555* 621.316.13.027.2 D1
Łukanina N. D., Szibierle L. M.: **Techniczno-ekonomiczne porównanie dwóch układów miejskich sieci elektrycznych.** „Tiechniko-ekonomičeskoe srawnienija dwuch schiem gorodskich elektriceskich sietiej”. Elektryczestwo, Moskwa, mies., Nr 12, grud. 52, s. 66; A4, 3,5 str., 6 rys., 6 tabl., 4 poz. bibl. — Na podstawie konkretnych danych projektowych porównano dwa typy zamkniętych sieci niskiego napięcia. Sieć w kształcie czworoboku i sieć w kształcie trójkąta. Schematy sieci. Zestawienie danych cyfrowych. Porównanie sieci zamkniętej z siecią półzamkniętą. Zalecenie stosowania w nowobudowanych dzielnicach zamkniętych sieci niskiego napięcia bez aparatury automatycznej.

556* 621.316.13.027.2/3 D1
Głazunow A. A., Bessmiertnyj I. S., Woroncow F. F.: **Podstawowe schematyczne układy miejskich sieci elektrycznych.** „Osnownyje postrojenija schiem gorodskich elektriceskich sietiej”. Elektryczestwo, Moskwa, mies., Nr 12, grud. 52, s. 3; A4, 6 str., 7 rys., 4 poz. bibl. — Podano pięć różnych schematów miejskich zamkniętych sieci elektrycznych niskiego napięcia oraz dwa schematy sieci wysokiego napięcia. Właściwości techniczne i ekonomiczne tych rozwiązań. Dwupromieniowa zautomatyzowana sieć wysokiego napięcia z otwartą siecią niskiego napięcia wymaga znacznie większych nakładów inwestycyjnych i eksploatacyjnych niż sieć zamknięta.

557* 621.316.13.027.2/3.004.1 D1
Daszczenko I. T., Capulicz P. J.: **Zagadnienia eksploatacyjne miejskich zamkniętych sieci elektrycznych.** „Iz opyta ekspluatacji zamknutyh gorodskich elektrosietiej”. Elektryczestwo, Moskwa, mies., Nr 12, grud. 52, s. 63; A4, 2,5 str., 1 rys. 1 tabl. — Zasadniczy schemat miejskiej sieci elektrycznej zamkniętej. Przy-

kład zainstalowanej w dwóch miastach USRR sieci wysokiego napięcia 6,3 kV i niskiego napięcia 380/220 V. Dane cyfrowe długości sieci, łącznej mocy transformatorów i mocy poszczególnych transformatorów. Zalecenie zabezpieczania sieci niskiego napięcia bezpiecznikami topikowymi.

558* 621.316.13.054.42 D1
Jacques A.: **Niektóre zagadnienia kompensacji mocy biernej w sieciach.** „Quelques aspects de la compensation de la puissance réactive dans les réseaux”. Bull. A.I.M., Liège, mies., r. 64, Nr 2, luty 51, s. 73; B5, 19 str., 2 wykr., 1 tabl. — Analiza zagadnienia wytwarzania i przenoszenia mocy biernej w sieciach państwowych oraz wskazanie sposobów kompensacji tej mocy. Korzyści, jakie zapewnia zastosowanie przez odbiorców energii elektrycznej kondensatorów statycznych do kompensacji mocy biernej. Obliczenia oszczędności. Przykłady zastosowań. Wykazanie korzyści ekonomicznych wynikających z kompensacji mocy biernej oraz jej wpływu na stałość napięcia sieci. Pogląd na budowę i użytkowanie baterii kondensatorów statycznych.

559* 621.316.17.016.3.001 D1
Liwszic S. M.: **Obliczanie i badanie elektrycznych obciążeń w przemyśle.** „O rasczotach i issledowanij elektriceskich promyslennych nagruzok”. Elektricestwo, Moskwa, mies., Nr 5, maj 52, s. 40; A4, 7,5 str., 7 wykr., 1 tabl., 8 poz. bibl. — Obciążenie szczytowe i średnie w zakładach przemysłowych. Obliczanie obciążeń w punktach węzłowych sieci. Stosunek obciążeń średnich do obciążeń szczytowych zależy od rodzaju przemysłu zasilanego i od liczby odbiorników. Wyznaczanie spodziewanych obciążeń średnich i szczytowych oraz określanie mocy transformatorów.

560* 621.316.35 D1
Griessuch M. W.: **Przesył i rozdział energii elektrycznej przy pomocy szyn.** „Pieriedacz i raspriedielenje elektroenergij pri pomoczzi szin”. Elektricestwo, Moskwa, mies., Nr 5, maj 52, s. 62; A4, 1,5 str., 1 wykr., 1 poz. bibl. — Celowość stosowania szyn dla przesyłu energii na odległość do 1,5 km przy napięciu od 3 do 10 kV i natężeniu ponad 1000 A. Rozważanie na temat wyboru: kable czy szyny. Zagadnienia ekonomiczne.

Regulacja

561* 621.316.7.078:621.34:621.87 D1
Harvey O. T., Harvey P. H.: **Automatyzacja urządzeń wyciągowych.** „Automatic mine winding practice”. Metropolitan-Veckers Gaz., Manchester, mies., t. 24, Nr 393, marz. 52, s. 127; A4, 13 str., 5 fot., 7 rys., 4 wykr., 1 tabl., 7 poz. bibl. — Korzyści automatyzacji urządzeń wyciągowych. Problemy techniczne związane z automatyzacją: regulacja obrotów, hamowanie, jazda zalogi. Wyciągi wielopiętrowe. Przykłady rozwiązania automatyzacji maszyn wyciągowych na prąd zmienny. Zautomatyzowane urządzenia z napędem w układzie Leonarda.

562* 621.316.718.5.082.7:621.34 D1
Larguier R.: **Zastosowanie elektronowych regulatorów prędkości.** „Les applications des variateurs régulateurs de vitesse électroniques”. Electricité, Paris, mies., Nr 189, grud. 52, s. 237; A4, 5 str., 9 fot., 2 poz. bibl. — Zalety regulacyjnych urządzeń elektronowych w zastosowaniu do maszyn i obrabiarek. Przykłady zagadnień regulacyjnych, rozwiązywanych przy pomocy regulatorów elektronowych jak regulacja posuwu części obrabianej na frezarcie lub obrotu ze zmienną szybkością, regulacja szybkości w nawijarce. Regulacja elektronowa w przemyśle papierniczym i tekstylnym. Zagadnienia nawijania (regulacja szybkości, rozruch). Inne zastosowania urządzeń regulacyjnych (np. szybkość, temperatury, wilgotności, naprężenia mechanicznego itp.).

563* 621.316.726 D1
Moskalow A. G., Solowjow I. I.: **Magnetyczno-filtrowy regulator częstotliwości.** „Magnitno-filtrowy regulatory czastoty”. Elektricestwo, Moskwa, mies., Nr 7, lip. 51, s. 11; A4, 7 str., 2 rys., 10 wykr. — Opisany regulator częstotliwości oparty jest na zastosowaniu filtru częstotliwości wzmacniaczy magnetycznych. Zasady działania i schemat układu regulatora oraz części pomiarowej. Charakterystyki wzmacniaczy. Sprężenie zwrotne. Analiza pracy i stateczności regulatora. Zastosowanie regulatora w układach energetycznych.

564* 621.316.728.078 D1
Bane W. T., Appleby J. S.: **Urządzenie do samoczynnej regulacji mocy elektrycznej do 2 kW.** „A device for the automatic control of electrical power up to 2 kW”. J. scienc. Instrum., London, mies., t. 29, Nr 6, czerw. 52, s. 174; A4, 2 str., 5 rys., 2 poz. bibl. — Urządzenie do samoczynnej regulacji temperatury wody bieżącej na zasadzie porównania napięcia, proporcjonalnego do mocy grzejnika, z napięciem założonym. Schemat urządzenia regulacyjnego dla mocy w zakresie 0–2 kW z dokładnością 0,25%. Elementy układu: watomierz elektrodynamiczny z dodatkową

cewką i magnesem, wzmacniacz i serwowator. Charakterystyka pracy urządzenia.

33/241

Zabezpieczenia przekątnikowe

565* 621.316.13:621.316.925 D1
Hubert E. H.: **Wypozażenia zabezpieczające.** „Les équipements de protection”. Bull. A.I.M., Liège, mies., r. 64, Nr 1, stycz. 51, s. 35; B5, 25 str., 7 wykr., 5 poz. bibl. — Nowe koncepcje i ich realizacja w zakresie zabezpieczania sieci przed zakłóceniami natury elektrycznej przy pomocy przekątnikowych urządzeń zabezpieczających. Wybór urządzeń, ich klasyfikacja oraz analiza teoretyczna urządzeń typowych. Metody analizy doświadczalnej. Realizacja typowych rozwiązań, sposoby kontroli, dane statystyczne oraz wytyczne modernizacji istniejących zabezpieczeń. Obliczenia, wzory, wskazówki praktyczne.

566* 621.316.925:621.316.26 D1
Ramelot Ch.: **Nowe urządzenia zabezpieczeń wybiórczych rozdzielni głównych niskiego napięcia i podstacji obniżających wysokiego napięcia.** „Nouveaux dispositifs de protection sélective des cabines principales de distribution à moyenne tension et des postes abaisseurs à haute tension”. Bull. A.I.M., Liège, mies., r. 64, Nr 2, luty 51, s. 99; B5, 13,5 str., 9 rys. — Nowy system zabezpieczeń polegający na wyłączeniu uszkodzonego odcinka sieci w czasie krótkim (np. 0,3 sek.), niezależnie od położenia tego odcinka w sieci, bez opóźnień na stopniach wyższych przedstawiony na tle ogólnych rozważań o zabezpieczeniach wybiórczych. Przykłady zastosowań, schematy połączeń oraz szczegółowe dane techniczne czterostopniowego urządzenia opracowanego przez autora.

567* 621.316.925.45:621.314.2.045.53 D1
Atabekow G. J.: **Wpływ transformacji gwiazda-trójkąt na działanie przekątników odległościowych.** „Wlijanje transformacii zwiezda-triugolnik na rabotu distancionnych riele”. Elektricestwo, Moskwa, mies., Nr 5, maj 52, s. 20; A4, 4 str., 1 rys., 3 wykr., 2 tabl., 7 poz. bibl. — Analiza działania odległościowych przekątników w liniach przesyłowych zasilanych dwustronnie przez transformatory o układzie gwiazda-trójkąt. Możliwość nieprzewidzianego działania przy zwarcjach dwufazowych.

Miernictwo elektryczne

568* 621.317.311:621.317.33 D1
Michajłowa J. K.: **Dławikowy dzielnik dla pomiaru wielkich prądów stałych i małych oporności.** „Drossielnyj delitel dla izmierenija bolszich postojannyh tokow i malych soprotiwlenij”. Elektricestwo, Moskwa, mies., Nr 8, sier. 51, s. 69; A4, 2,5 str., 1 rys. — Mała dokładność przyrządów z bocznikami i transformatorów miernikowych, stosowanych przy pomiarze wielkich, stałych prądów. Opisany układ pomiarowy daje wyniki o dużej dokładności. Zasada działania i schemat układu.

569* 621.317.39:620.1 D1
Mostek do pomiaru naprężeń „Pontavi D”. „Pont de mesure de contrainte „Pontavi D”. Mesures, Paris, mies., Nr 187, grud. 52, s. 717; A4, 1 str., 1 fot., 2 rys. — Pomiar naprężenia na zasadzie zmiany oporności sondy oporowej. „Pontavi D” — przyrząd pomiarowy konstrukcji firmy Hartmann i Braun. Schemat pomiarowy. Dokładność pomiaru. Zastosowanie do badania np. elementów dźwigów.

570* 621.317.32.027.3:621.317.723 D1
Serny J.: **Dokładny pomiar wysokich napięć stałych przy pomocy elektrometru.** „Mesure precise des tensions continues élevées au moyen de l'électrometre”. Mesures, Paris, mies., Nr 185, paźdz. 52, s. 549; A4, 2,5 str., 1 fot., 2 rys., 1 wykr. — Budowa i zasada działania elektrometru Gutton i Laville'a (wymiar, pojemność, lusterko, źródło światła itp.). Pomiar napięć rzędu kilowoltów przy zastosowaniu dzielników napięcia (pojemnościowych z pleksiglasem jako dielektrykiem). Określenie stopnia podziału napięć. Ogólna ocena przyrządu.

571* 621.317.361:621.317.76.004.13 D1
Hibbard L. U., Caro D. E.: **Ciągły pomiar zmiennej częstotliwości.** „Instantaneous measurement of a varying frequency”. J. scienc. Instrum., London, mies., t. 29, Nr 11, list. 52, s. 366; A4, 4,5 str., 3 rys., 1 wykr., 4 poz. bibl. — Zasada przyrządu do pomiaru zmieniającej się częstotliwości przez pomiar amplitudy i częstotliwości wypadkowej z wielkości stałych i badanych. Układ lampowego mieszaacza częstotliwości, służący do wytwarzania figur na ekranie oscyloskopu. Układy oscylatora i stabilizatora fazy. Charakterystyka modulacji. Działanie urządzenia do pomiaru zmiennej częstotliwości. Szybkość synchronizacji oscyloskopu.

572* 621.317.39:621.3.082.4:623.26 D1
Giltair M., Pupin P.: **Pomiary opóźnień detonacji zapalników elektrycznych.** „Mesures des retards à la détonation des déto-

nateurs électriques". Mesures, Paris, mies., Nr 183, sierp. 52, s. 484; A4, 2 str., 2 rys. — Zastosowanie zapalników elektrycznych w minach. Charakterystyka zapalników elektrycznych. Metody pomiarów czasu opóźnienia wybuchu. Chronograf elektryczny. Układ selektora impulsów. Niektóre dane techniczne układu.

573* 621.317.39:621.3.082.64:531.252 D1
Mills C. H., Bristow J. R.: **Czteroobwodowy przyrząd rejestrujący naprężenia dynamiczne**. „A four channel dynamic strain-recorder". J. scienc. Instrum., London, mies., t. 29, Nr 8, sierp. 52, s. 253; A4, 3,5 str., 1 fot., 3 rys., 1 wyk. — Urządzenie do pomiaru i rejestracji naprężeń mechanicznych na zasadzie zmiany oporności sondy. Układ blokowy urządzenia do jednoczesnego wykonywania czterech pomiarów; schemat montażowy wzmacniacza z podaniem wartości liczbowych elementów. Charakterystyka wzmacniacza. Lampa oscylograficzna z możliwością wykonywania fotografii. Przykłady zapisów badanych naprężeń. Przyrząd w wykonaniu przemysłowym. Posługiwanie się przyrządem.

574* 621.317.39:621.315.59 D1
Nguyen Thien-Chi, Suchet J.: **Termistory i ich znaczenie w obwodach pomiarowych**. „Les thermistances et leur rôle dans les circuits de mesure". Mesures, Paris, mies., Nr 184, wrzes. 52, s. 519; Nr 185, paźdz. 52, s. 573; A4, 9 str., 1 fot., 4 rys., 13 wyk., 12 poz. bibl. — Germanium i silicium jako materiały półprzewodzące o specjalnej charakterystyce oporu. Zmienność przewodności półprzewodników w zależności od temperatury. Charakterystyki prądowo-napięciowe termistorów. Zestawienie właściwości i zastosowania półprzewodników. Przykłady różnych termistorów w wykonaniu przemysłowym (nurkowe, płytkowe itp.). Charakterystyki oporu w funkcji temperatury oraz napięcia w funkcji prądu dla różnych typów termistorów. Przykłady zastosowania termistorów w elektrotermometrii i termoregulacji (kompensacja temperatury otoczenia, wskaźniki napięcia, pomiary mocy przy wysokiej częstotliwości, pomiary ciśnienia itp.).

575* 621.317.39:621.317.733.082.64:536.53:531.787 D1
Leck J. H.: **Miernik wysokiej temperatury Piraniego**. „The high temperature Pirani gauge". J. scienc. Instrum., London, mies., t. 29, Nr 8, sierp. 52, s. 258; A4, 5 str., 6 wyk., 1 tabl., 5 poz. bibl. — Pomiar bardzo małych ciśnień na zasadzie zmian przewodności cieplnej gazu. Teoretyczna analiza układu pomiarowego na zasadzie pomiaru oporności gorącego drutu przy pomocy mostka Wheatstone'a. Krzywe wzorcowania miernika przy stałej wartości prądu lub napięcia. Analiza pracy prototypu urządzenia. Charakterystyki przyrządu przy druciku wolframowym. Dokładność przyrządu przy druciku platynowym i wolframowym w zależności od temperatury otoczenia i napięcia zasilającego.

576* 621.317.39:669.718 D1
Walter A.: **Aparat do kontroli powłoki ochronnej na aluminium i jego stopach**. „Un appareil pour le contrôle des revêtements anodiques sur l'aluminium et ses alliages". Rev. Alumin., Paris, mies., t. 29, Nr 193, list. 52, s. 392; A4, 2,5 str., 2 fot., 1 rys. — Zasada działania, schemat ideowy, zakres zastosowań przyrządu do pomiaru napięcia przebicia powłok ochronnych, otrzymanych przez oksydację anodową aluminium i jego stopów. Zalety przyrządu: szybkość i łatwość użycia, stałość warunków pomiarów, bezpieczeństwo obsługi. Opis części składowych i niektórych szczegółów konstrukcyjnych.

577* 621.183:621.317.39.083.7 D1
Dutron L.: **Pomiary zdalne i ich związek z ekonomicznym działaniem kotłów**. „Les télémesures et leur relation avec la marche économique de la chaudière". Bull. A.I.M., Liège, mies., r. 64, Nr 5, maj 51, s. 255; B5, 10,5 str., 2 rys. — Analiza korzyści wynikających z automatycznej regulacji ruchu nowoczesnej kotłowni. Opis urządzeń kontrolnych, głównie natury elektrycznej, służących do pomiarów zdalnych poziomu wody, ciśnienia, stopnia przegrzania pary, składu chemicznego spalin itd. Wskazanie zalet i wad tych urządzeń oraz trudności w instalowaniu i użytkowaniu.

578* 621.317.41 D1
Aspden H.: **Metoda pomiaru przenikalności magnetycznej próbek w postaci pręta**. „A method of measuring the magnetic permea-

bility of rod specimens". J. scienc. Instrum., London, mies., t. 29, Nr 11, list. 52, s. 371; A4, 3 str., 2 rys., 1 wyk. — Metoda pomiaru przenikalności magnetycznej prętów przy pomocy zwojniczy próbnej i fluksometru lub galwanometru balistycznego. Wymiary próbek, cewek i rozmieszczenie ich wzdłuż badanego pręta. Schemat układu pomiarowego. Sposób przeprowadzania pomiaru. Liczbowy przykład wyników pomiaru. Układ pomiarowy, pozwalający na rozszerzenie metody na pomiary przenikalności w skali przemysłowej. Obliczenie przenikalności z wymiarów cewki i wyników pomiarów.

579* 621.317.714.085.4 D1
Brion-Leroux: **Mierniki elektryczne o ruchomej skali**. „Appareils de mesures électriques à échelle défilante". Mesures, Paris, mies., Nr 186, list. 52, s. 659; A4, 1 str., 1 fot. — Zasada, charakterystyka i działanie miliamperomierza o ruchomej podziałce, produkcji firmy Brion-Leroux. Niektóre dane techniczne, wymiary, waga przyrządu.

580* 621.317.727 D1
Ohmag: **Potencjometr o bardzo małym tarcu**. „Potentiomètre à microfriction". Mesures, Paris, mies., Nr 182, lip. 52, s. 423; A4, 1 str., 1 fot., 1 rys. — Potencjometr o znikomym małym tarcu, przeznaczony do przenoszenia na odległość wskazań manometrów, barometrów, watomierzy itp. przyrządów. Szczegóły konstrukcyjne, wymiary i sposób wykonania potencjometru. Charakterystyka elektryczna wykonanego potencjometru, przykład zastosowania.

581* 621.317.727:621.385 D1
Potencjometry elektronowe. „Potentiomètres électroniques". Mesures, Paris, mies., Nr 186, list. 52, s. 667; A4, 1 str., 2 fot., 2 rys. — Zasada działania potencjometrów elektronowych konstrukcji firmy Philips (czujnik oporowy lub termoelektryczny do regulacji temperatury). Zasilanie potencjometru. Automatyczna regulacja przy pomocy potencjometru (charakterystyka przyrządu).

582* 621.317.791:621—523 D1
Bonnet P.: **Miernik przeniesienia. Przyrząd do pomiaru wielkości fazy elementów serwomechanizmów**. „Le Transféromètre. Appareil de mesure du gain et de la phase des éléments des servomécanismes". Mesures, Paris, mies., Nr 187, grud. 52, s. 691; A4, 8,5 str., 2 fot., 14 rys. — Analiza działania mechanizmów przekształcających sygnał wchodzący S₁ na wychodzący S₂ (stosunki amplitud i faz przeniesienia). Konieczność pomiaru szukanych wielkości. Zasada działania miernika przeniesienia (schemat układu pomiarowego: generator sygnałów sinusoidalnych, przesuwnik fazowy, regulatory, badany serwomechanizm, oscyloskop). Schemat i budowa generatora sygnałów sinusoidalnych. Tłumik i wzmacniacz. Całkowity schemat aparatu pomiarowego do badania serwomechanizmów. Zastosowanie przyrządów.

Kondensatory

583* 621.319.4.612 D1
Riennje W. T.: **Właściwe charakterystyki kondensatorów elektrycznych**. „Udzielnyje charakteristiki elektriceskich kondensatorow". Elektrizestwo, Moskwa, mies., Nr 12, grud. 52, s. 47; A4, 7 str., 1 rys., 6 wyk., 2 tabl., 6 poz. bibl. — Granice i celowość zastosowania uproszczonych równań dla porównania właściwych charakterystyk w najbardziej ogólnych przypadkach. Kondensatory niskiego i wysokiego napięcia. Budowa suchego kondensatora elektrolitycznego. Zależność właściwych wielkości kondensatora od napięcia roboczego i od częstotliwości.

Generatory udarowe

584* 621.319.5 D1
Teissie-Solier M., Lagasse J.: **Generatory fal udarowych powtarzalnych**. „Les générateurs d'ondes de choc à répétition". Rev. gen. Electr., Paris, mies., Nr 10, paźdz. 52, s. 425; A4, 5 str., 1 fot., 3 rys., 6 wyk. — Konieczność wytwarzania fal udarowych dla badań transformatorów sieciowych. Zasada działania miniaturowego generatora fal (przy zastosowaniu lamp). Różne wykonania generatorów. Ogólny schemat i zasada działania lampowego generatora udarowego, wykonanego przez laboratorium Wyższej Szkoły Elektrotechnicznej i Hydraulicznej w Tuluzie (wytwarzanie i oscylografowanie fal z możliwością fotografowania, elementy układu). Analiza pracy podstawowych tyratronów. Zastosowanie generatorów fal w badaniach laboratoryjnych.

Niniejszy Przegląd Dokumentacyjny zawiera jedynie część analiz dokumentacyjnych publikacji z zakresu elektrotechniki. Pełna dokumentacja ukazuje się w postaci kart dokumentacyjnych, wydawanych przez Centralny Instytut Dokumentacji Naukowo-Technicznej (Warszawa, Al. Niepodległości 188). GIDNT przyjmuje prenumeratę kart dokumentacyjnych, która może obejmować zarówno całą dokumentację naukowo-techniczną, jak i działy lub poszczególne zagadnienia i tematy techniczne.

GIDNT wykonuje za zwrotem kosztów fotokopie i mikrofilmy publikacji objętych Przeglądem Dokumentacyjnym, jak i kartami dokumentacyjnymi.

PRZEGLĄD DOKUMENTACYJNY ELEKTROTECHNIKI

opracowany przez OŚRODEK DOKUMENTACJI ELEKTROTECHNIKI

Dodatek do miesięcznika PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY

Rocznik 5

Warszawa, grudzień 1953 r.

Nr 12

Gwiazdkami obok porządkowych liczb artykułów, oznaczone są publikacje znajdujące się w bibliotece Instytutu Elektrotechniki

Wiadomości ogólne

586* 51.621.3 „45—60“ D1
Wagner K. W.: *Metody matematyczne w elektrotechnice*. „Mathematische Methoden in der Elektrotechnik“. ETZ-A, Wuppertal, dwutyg., Nr 19, paźdz. 52, s. 613; A4, 7 str., 22 poz. bibl. — Rozwój zastosowań matematyki w elektrotechnice w ciągu ostatnich 60 lat. Korzyści wprowadzenia do elektrotechniki specjalnych metod: macierzy, rachunku wektorowego, rachunku prawdopodobieństwa, rachunku operatorowego. Wpływ rozwoju zastosowań matematyki na nauczanie w szkołach wyższych.

587* 621.3.016.4.003:622.33 D1
Majmin S. R., Tupicyn G. M.: *Zagadnienie ekonomicznego zużycia energii elektrycznej w przemyśle węglowym*. „K woprosu o normowaniu i ekonomii elektroenergii w uogolnoj promyszlenosti“. Promysl. Energ., Moskwa, mies., Nr 5, maj 52, s. 4; A4, 3,5 str., 1 rys., 2 tabl., 2 poz. bibl. — Mechanizacja przemysłu węglowego i stosowanie energii elektrycznej do pomp odwadniających, wentylatorów i dźwigów. Obliczenie wydajności i sprawności pomp zasilanych elektrycznością oraz wyznaczenie najbardziej ekonomicznej mocy silników. Straty powietrza do wentylacji kopalni. Dobór odpowiedniej szybkości przepływu oraz ciśnienia. Zużycie energii w dźwigach w przeliczeniu na tonokilometry. Zależność od szybkości przebiegu dźwigu.

588* 621.3.047.2 D1
Pawelka E.: *Praca sprężysta komutatora*. „Das elastische Verhalten des Kommutatorbelages“. E und M, Wien, dwutyg., t. 69, Nr 6, marz. 52, s. 135; A4, 5,5 str., 3 rys., 4 wyk. — Własności sprężyste komutatora, jako układu walca niejednorodnego (złożonego z warstw miedzi i mikanitu). Siły, działające na wycinki komutatora podczas pracy. Naprężenia w „jaskółczym ogonie“ wycinka. Przykład liczbowy: obliczenie naprężeń wycinka komutatora dużej maszyny prądu stałego.

589* 621.3.066.6:621.315.5:537.311.4 D1
Gagel H., Dittler H.: *Materiały na styku w elektrotechnice*. „Werkstoffe für elektrische Kontakte“. ETZ, Wuppertal, dwutyg., Nr 9, maj 52, s. 292; A4, 2,5 str., 2 fot. 1 wyk., 1 tabl., 8 poz. bibl. — Warunki prawidłowej pracy styków. Pożądane własności fizyczne materiału styków. Charakterystyka różnych metali pod względem ich przydatności na styki: miedź i jej stopy, srebro, wolfram i molibden, materiały sztuczne (spieki), złoto i stopy platynowe. Galwaniczna obróbka powierzchni styków. Styki bimetaliczne.

Układy elektroenergetyczne

590* 621.316.17:621.311.163.073 D1
Sierbinowski G. W., Jochwidow E. S.: *O automatyzacji rezerw zasilania elektrycznego urządzeń przemysłowych*. „Ob awtomatizacji rezerwirowanja elektrosnabżenja promyszlennych przedprijatij“. Promysl. Energ., Moskwa, mies., Nr 8, sierp. 52, s. 17; A4, 3,5 str., 9 rys. — Konieczność zwiększenia pewności dostawy energii przez automatyzację włączania rezerw. Przykłady zasilania rezerwowego grupy odbiorców przez 2 i więcej podstacji. Automatyzacja oparta na zasadzie ochrony różnicowej i nadmiarowo-kierunkowej. Przykłady rezerwy centralnej i indywidualnej. Zasilanie wielostronne każdego odbioru.

Elektrownie parowe

591* 621.311.22:621.398.2:621.182.261 D1
Nowikow A. K.: *Automatyzacja procesu spalania w palenisku z indywidualnym młynem*. „Awtomatizacija processa gorienija w szachtnomielnicznoj topkie“. Raboczij Energ., Moskwa, mies., Nr 6, czerw. 52, s. 20; A4, 1 str., 1 rys., 1 tabl. — Układ sterujący elektrycznie proces spalania. Zależność automatycznego dostarczania paliwa od składu chemicznego. Porównanie z wydajnością pracy ręcznej. Przypadek kotła Babcock-Wilcox opalanego torfem. Zalecenie stosowania w innych urządzeniach kotłowych.

Maszyny elektryczne

592* 621.313.045.13 D1
Heiles F.: *Uzwojenie dwuwarstwowe z nie nawiniętymi wolnymi żłóbkami*. „Zweischichtwicklungen mit freien Nuten“. ETZ-A, Wuppertal, dwutyg., t. 74, Nr 4, lut. 53, s. 111; A4, 1,5 str., 2 rys., 1 tabl. — Przypadki szczególne, kiedy wykonanie uzwo-

jenia dwuwarstwowego z wolnymi (nie uzwojonymi) żłóbkami może być celowe. Przykład uzwojenia stojana maszyny synchronicznej wykonanego w taki sposób i porównanie jego zalet i wad z uzwojeniem jeduwarstwowym ułamkowo-żłóbkowym.

593* 621.313.047.2:620.191.35 D1
Bielefeldt O.: *Tworzenie się rys na komutatorach i pierścieniach przy użyciu elektrografitowanych szczotek węglowych*. „Riefenbildung auf Kommutatoren und Schleifringen bei Verwendung elektrographitierter Kohlebürsten“. ETZ-A, Wuppertal, dwutyg., t. 74, Nr 2, stycz. 53, s. 36; A4, 4 str., 7 fot., 2 wyk., 1 poz. bibl. — Analiza przyczyn występowania rys na komutatorach i pierścieniach maszyn elektrycznych przy użyciu szczotek węglowych elektrografitowanych. Przyczyny zewnętrzne: kurz w oboczeniu, obecność gazów aktywnych chemicznie, wilgoć w powietrzu. Przyczyny wewnętrzne: wpływ łożysk, obciążenia prądowego szczotek, szybkości wirowania maszyny, materiału komutatora lub pierścieni oraz materiału szczotek. Wnioski.

594* 621.313.12:621.311.21:621.24 D1
Anlanger L.: *Zagadnienia przy zestawianiu zespołu turbiny wodnej i prądnicy*. „Fragen des Zusammenbaues von Wasserturbinen mit Generatoren“. E. und M., Wien, dwutyg., Nr 18, wrzes. 52, s. 407; A4, 7,5 str., 17 rys. — Zasadnicze schematy i oznaczenia zespołów prądnic i turbin wodnych. Dane, wymagające uzgodnienia między dostawcą prądnicy i turbiny (kierunek obrotów, dane znamionowe, szczegóły sprzężenia turbiny z prądnicą, dane wymiarowe, obciążenia osiowe itd.). Chłodzenie i smarowanie łożysk, dozór temperatury. Hamowanie zespołu turbiny wodnej i prądnicy.

595* 621.313.32.016.33:621.3.018.6 D1
Petzoldt E.: *Oporność przy kolysaniach i przeciążalność dynamiczna maszyny synchronicznej*. „Pendelreaktanz und Grenzstossbelastung der Drehstromsynchronmaschine“. E. und M., Wien, dwutyg., Nr 20, paźdz. 52, s. 458; A4, 3 str., 4 wyk. — Przebiegi przy kolysaniach maszyny synchronicznej. Oporność maszyny synchronicznej przy zwarciu i przy kolysaniu. Określenie wartości oporności przy kolysaniach. Równania maszyny synchronicznej przy kolysaniach. Określenie dynamicznej przeciążalności.

596* 621.313.32.044.53:621.3.012 D1
Jenko W. W.: *Wykres prądu maszyny synchronicznej z biegunami wystającymi w stanie nasyconym*. „Diagramma toka nasyzczennoj synchronnoj jawnopolusnoj maszyni“. Elektricestwo, Moskwa, mies., Nr 11, list. 52, s. 23; A4, 3,5 str., 1 rys., 1 wyk., 1 poz. bibl. — Wykreślana analityczna metoda konstrukcji wykresu prądowego maszyny synchronicznej z biegunami wystającymi. Wykres wektorowy maszyny synchronicznej w stanie nienasyconym. Wpływ nasycenia na wielkość charakterystyczne maszyny. Wykorzystanie wykresów $E = f(\Delta i)$ poszczególnych nasyconych części obwodu magnetycznego do konstrukcji wykresu prądowego maszyny w stanie nasyconym. Wyznaczenie kąta obciążenia maszyny.

597* 621.313.322.1:621.3.016.25 D1
Modlinger R.: *Zastosowanie turbogeneratorów jako maszyn wytwarzających moc bierną*. „Die Verwendung von Turbogeneratoren als Blindleistungsmaschinen“. ETZ-A, Wuppertal, dwutyg., t. 74, Nr 2, stycz. 53, s. 43; A4, 2,5 str., 1 rys., 2 wyk., 1 poz. bibl. — Możliwość pracy turbogeneratorów jako źródła mocy biernej. Wartość prądu pojemnościowego możliwa do uzyskania z turbogeneratora przy określonym obciążeniu rzeczywistym i napięciu. Zastosowanie turbogeneratorów do wyłącznego wytwarzania mocy biernej. Sposoby napędu turbogeneratora przy takim rodzaju pracy. Dodatkowe urządzenia. Oplacalność omówionego sposobu wytwarzania mocy biernej.

598* 621.313.322.2 D1
Iwanow N. P., Pietrow G. N.: *Prądnice do turbin wodnych*. „Gidrogenieratory“. Elektricestwo, Moskwa, mies., Nr 10, paźdz. 52, s. 11; A4, 14 str., 7 fot., 8 rys., 2 wyk., 2 tabl., 2 poz. bibl. — Określenie rodzaju i klasyfikacja prądnic synchronicznych do turbin wodnych. Zależność parametrów konstrukcyjnych prądnicy od układu hydroenergetycznego. Wybór mocy maszyny. Ogólne rozwiązania konstrukcyjne prądnicy do turbin wodnych. Konstrukcja wirnika maszyny. Stojan prądnicy. Rozwiązania lo-

zyskowania prądu do turbin wodnych. Chłodzenie maszyn. Wzbudzenie i urządzenia pomocnicze.

599* 621.313.33.025.3:534.83 D1
Jordan H.: **Szumy magnetyczne maszyn asynchronicznych prądu trójfazowego.** „Über das magnetische Geräusch von Drehstrom-Asynchronmaschinen“. ETZ-A, Wuppertal, dwutyg., Nr 19, paźd. 52, s. 620; A4, 5,5 str., 1 fot., 2 rys., 8 wykr., 2 tabl., 23 poz. bibl. — Zagadnienia szumów magnetycznych maszyn asynchronicznych na tle krytycznego omówienia dotychczasowej literatury tego zagadnienia. Wpływ ilości żłobków stojana i wirnika na powstawanie szkodliwych sił w maszynie. Analiza krzywej momentu obrotowego silnika. Zestawienie reguł doboru liczby żłobków. Konstrukcje silników cichobieżnych. Badania eksperymentalne szumów magnetycznych. Wnioski.

600* 621.313.332 D1
Kuwałewa A. P.: **Wpływ oporności czynnej w obwodzie stojana na charakterystyki maszyny indukcyjnej przy pracy prądnicowej.** „Wlijanje aktivnogo soprotiwlenija w cepi statora na charakteristiki asinchronno maszyn w gienieratornom rieżimie“. Elektricestwo, Moskwa, mies., Nr 9, wrzes. 52, s. 53; A4, 3 str., 1 rys., 6 wykr. — Praca maszyny indukcyjnej w zakresie prądnicowym: równanie momentu, schemat zastępczy. Nasylenie obwodu magnetycznego maszyny przy pracy prądnicowej. Wpływ oporności obwodu stojana na wielkość siły elektromotorycznej i momentu obrotowego maszyny. Określenie największej wartości momentu obrotowego maszyny przy pracy prądnicowej. Przykład liczbowy.

601* 621.313.332.025.3:621.3.013.62 D1
Gerstmann B.: **Praca trójfazowej prądnicy asynchronicznej, wzbudzonej przez kondensatory.** „Das Verhalten des Kondensatorerregten Drehstromasynchrongenerators“. E. und M., Wien, dwutyg., t. 69, Nr 22, list. 52, s. 505; A4, 5 str., 3 rys., 5 wykr., 3 poz. bibl. — Obwód z indukcyjnością, pojemnością i opornością czynną. Schemat zastępczy maszyny asynchronicznej, wzbudzonej z kondensatorów. Wykres prądowy maszyny. Równania obwodu dla biegu jałowego, obciążenia biernego i obciążenia czynnego. Przykład liczbowy i wyniki badań maszyny o mocy 3 KM przy różnych warunkach pracy.

602* 621.313.333:621.3.018.51 D1
Jordan H.: **Praca ustalona i dobór maszyn elektrycznego wału wyrównawczego.** „Über den Stationären Betrieb und die Auslegung von elektrischen Ausgleichswellen“. ETZ, Wuppertal, dwutyg., Nr 2, stycz. 52, s. 38; A4, 3 str., 3 rys., 4 wykr., 3 poz. bibl. — Określenie pojęcia wału wyrównawczego. Schemat zastępczy elektrycznego wału wyrównawczego. Powstawanie prądów i momentów obrotowych maszyn wału. Rozpływ energii w wale wyrównawczym. Warunki pracy ustalonej przy stałym obciążeniu. Statyczna granica obciążenia wału. Dobór maszyn wału wyrównawczego pod względem zapotrzebowania momentu obrotowego.

603* 621.313.333:621.316.9 D1
Lumin W. W.: **Ochrona silników elektrycznych od pracy na dwóch fazach.** „Zaszcziła elektrodwigatielej ot raboty na dwoch fazach“. Raboczij Energ., Moskwa, mies., Nr 12, grud. 52, s. 16; A4, 1 str., 2 rys. — Z eksploatacji — częste uszkodzenia uzwojenia stojana na skutek wypadnięcia z ruchu jednej z faz. Trudność stałego nadzoru, niemożność automatycznego wyłączenia przez dotychczas stosowane zabezpieczenia. Proponowany schemat ochrony od pracy na 2 fazach. Połączenie z punktem zerowym silnika, działanie na skutek asymetrii faz. Bezwładność mechaniczna uniemożliwiająca działanie przy rozruchu.

604* 621.313.333.002.2 D1
Kade F.: **Prawidła wzrostu wielkości silnika indukcyjnego.** „Die Wachstumsgesetze des Induktionsmotors“. ETZ-A, Wuppertal, dwutyg., Nr 19, paźd. 52, s. 629; A4, 1,7 str., 3 wykr., 1 tabl., 1 poz. bibl. — Zastosowanie do silników indukcyjnych rozważań Vidmara nad prawidłami wzrostu transformatorów. Ogólne zależności między wielkością maszyny a jej własnościami ruchowymi (sprawnością, przeciążalnością, współczynnikiem mocy). Wpływ przedłużenia maszyny przy zachowaniu tej samej średnicy. Porównanie silnika wydłużonego i skróconego o tej samej mocy.

605* 621.313.333.2.044.2:621.3.017.71 D1
Schuisky W.: **Nagrzewanie się stojana silników klatkowych przy rozruchu i nawrocie.** „Ständererwärmung von Kurzschlussläufer-Motoren beim Anlauf und im Reversierbetrieb“. ETZ, Wuppertal, dwutyg., Nr 8, kw. 53, s. 238; A4, 2 str., 2 wykr., 1 poz. bibl. — Zależność strat rozruchowych w wirniku silnika indukcyjnego klatkowego od momentu zamachowego, prędkości końcowej i poślizgu. Wpływ stosunku oporności obwodu wirnika i stojana silników głębokożłobkowych i dwuklatkowych na wielkość strat

cieplnych w stojanie. Obliczenie ilości ciepła, wydzielającego się w stojanie przy rozruchu i pracy nawrotnej. Wyznaczenie zastępczego prądu rozruchowego.

606* 621.313.36:621.317.733.025 D1
Beutler: **Wykrywanie błędów w silnikach komutatorowych przy pomocy mostka prądu zmiennego.** „Fehlersuche an Kommutatormotoren mittels Wechselstrombrücke“. Elektrotechnik (Berlin), Leipzig, mies., r. 6, Nr 11, list. 52, s. 584; A4, 1,8 str., 4 rys. — Wady dotychczasowych urządzeń do wykrywania błędów (przerw, zwarc) w uzwojeniach silników komutatorowych. Trudności wykrywania zwarc międzyzwojowych w maszynach małej mocy. Zastosowanie mostka prądu zmiennego do badania uzwojenia wzbudającego i uzwojenia twornika. Ustawianie szczepek w strefie neutralnej. Układ połączeń przyrządu pomiarowego.

Transformatory
607* 621.369.2:621.314.21 D1
Morozow G. M.: **Dobór uzwojenia magnesującego dla próbnego grzania lub suszenia transformatorów.** „Wybor namagnicziwajuszej obmotki dla kontrolnowo progriewa ili suszki transformatorow“. Raboczij Energ., Moskwa, mies., Nr 12, grud. 52, s. 27; A4, 1,5 str., 2 tabl. — Grzanie i suszenie transformatorów metodą indukcyjną. Tablica obliczeń uzwojeń do grzania różnych typów transformatorów w zależności od napięcia, mocy, temperatury otoczenia. Potwierdzenie teoretycznych obliczeń w praktyce.

608* 621.314.21.002.2 D1
Kapyrin W. N.: **Przekonstruowanie transformatorów na inne napięcie.** „Pieriedielka transformatorow na drugoje napriazhenie“. Raboczij Energ., Moskwa, mies., Nr 12, grud. 52, s. 29; A4, 6 str., 2 rys., 3 tabl. — Przekonstruowanie jest często wykonywane w eksploatacji. Zasady przeliczenia transformatora przy zmienionej przekładni (liczba zwojów, indukcja w rdzeniu, gęstość prądu). Tablice dopuszczalnych obciążeń. Sposób przełączenia cewek uzwojenia wysokiego napięcia. Bilans ohma (rozłożenie cewek 1 fazy w ohmie rdzenia transformatora).

609* 621.314.21.014.7 D1
Rösch H.: **Praca transformatora trójuzwojeniowego z dwoma uzwojeniami połączonymi w trójkąt w przypadku zwarcia doziemnego.** „Dreiwicklungs-transformator mit zwei Wicklungen in Dreieckschaltung bei Erdschlussbetrieb“. ETZ-A, Wuppertal, dwutyg., t. 74, Nr 4, luty 53, s. 102; A4, 3 str., 2 rys., 1 poz. bibl. — Zastosowanie transformatorów trójuzwojeniowych z dwoma uzwojeniami połączonymi w trójkąt i ich zachowanie się przy zwarciu do ziemi. Określenie składowych prądów wyrównawczego w obu uzwojeniach połączonych w trójkąt. Możliwość przeciążenia jednego z uzwojeń połączonych w trójkąt. Znaczenie indukcyjności uzwojenia.

610* 621.314.21.015.2 D1
Rösch H.: **Warunki pracy dwustronnie zasilanego transformatora trójuzwojeniowego.** „Arbeitsverhältnisse des doppeltgespeisten Dreiwicklungs-transformators“. E. und M., Wien, dwutyg., Nr 21, list. 52, s. 475; A4, 4,2 str. — Zastosowanie i najczęściej spotykane warunki pracy transformatorów trójuzwojeniowych. Dyskusja analityczna ogólnego przypadku pracy. Możliwości powstania prądów wyrównawczych. Rozdział obciążenia na oba uzwojenia zasilające w przypadku sieci sztywnej i elastycznej.

611* 621.314.21.017.32:669.14.018.583 D1
Festl E.: **Oznaczenie jakości wysokowartościowych blach transformatorowych.** „Über die Qualitätsbezeichnung hochwertiger Transformatorbleche“. E. und M., dwutyg., Wien, t. 69, Nr 18, wrzes. 52, s. 426; A4, 2 str., 1 poz. bibl. — Charakterystyka blach transformatorowych produkcji austriackiej i porównanie ich własności z blachami pochodzenia zagranicznego. Krytyka stosowanego dotychczas sposobu oznaczania stratności blach. Projekt wyznaczania stratności blachy przy 15000 gaussów i przyjęcia tej liczby za miarodajną dla jakości blachy.

612* 621.314.21.045:621.3.014.3.001.24 D1
Faye-Harsen K.: **Obliczenie prądów zwarciovych grupy cewek transformatora w układzie szeregowo-równoległym.** „Berechnung der Ströme beim Kurzschluss einer Spulengruppe von Transformatoren in Reihenparallelschaltung“. ETZ-A, Wuppertal, dwutyg., Nr 15, sierp. 52, s. 485; A4, 2 str., 2 rys., 2 wykr., 2 poz. bibl. — Przebiegi, zachodzące w transformatorze o układzie szeregowo-równoległym przy zwarciu jednej z cewek uzwojenia. Równanie strumieni magnetycznych i prądów transformatora i ich rozwiązanie, pozwalające określić wielkość prądów zwarciovych. Siły, występujące przy zwarciu.

613* 621.314.224:621.317.31 D1
Nowikow G. Ja.: **Określanie zaczepów przekładników prądowych.** „Opriedielenje otpajek u wtulocznych transformatorow toka“.

Rabocziej Energ., Moskwa, mies., Nr 9, wrzes. 52, s. 13; A4, 1,25 str., 2 rys., 2 tabl. — Trudności określenia przekładni prądowej na podstawie przekładni zwojów. Tablica służąca do wyznaczania odpowiednich zaczepów za pomocą przekładni prądowej (drogą pomiaru). Dobór minimalnej liczby pomiarów dla określenia wszystkich zaczepów.

Wzmocniacze

614* 621.314.3.012 D1
Frauenberger F.: Charakterystyka pracy ustalonej i dynamicznej wzmacniaczy, w szczególności wzmacniaczy maszynowych. „Die Kennzeichnung des stationären und dynamischen Verhaltens von Verstärkern, insbesondere Verstärkermaschinen“. E und M., Wien, dwutyg., Nr 21, list. 52, s. 484; A4, 4,8 str., 2 rys., 4 wykr. — Klasyfikacja wzmacniaczy pod względem rodzaju pracy. Stopień wzmocnienia wzmacniaczy statycznych. Przykład jednostopniowego wzmacniacza maszynowego prądu stałego. Przebiegi nieustalone we wzmacniaczu maszynowym. Stała czasu przy przebiegach aperiodycznych i drganiach okresowych. Wzmocniacze astatyczne.

Przetwornice

615* 621.314.26.001 D1
Möller H.: Obliczanie i badanie przetwornicy częstotliwości. „Be-rechnung und Prüfung von Frequenzumformern“. ETZ, Wuppertal, dwutyg., Nr 2, stycz. 52, s. 29; A4, 2 str., 3 wykr., 1 tab., 1 poz. bibl. — Częstotliwość wirnika przetwornicy częstotliwości. Wykres kołowy przetwornicy. Rozdział mocy w przetwornicy. Obliczenie prądu biegu jałowego i prądu zwarcia. Określenie spadków napięć i strat w żelazie. Badanie przetwornicy częstotliwości: próba biegu jałowego, zwarcia, nagrzewania, określenie współczynnika sprawności.

Prostowniki

616* 621.314.626 D1
Böhm H.: Mały prostownik stykowy o dużej przeciążalności. „Kleinkontakt — Gleichrichter hoher Überlastbarkeit“. ETZ-A, Wuppertal, dwutyg., Nr 3, luty 52, s. 68; A4, 3,6 str., 1 fot., 4 rys., 4 wykr., 3 poz. bibl. — Schemat obwodu i zasada działania małego prostownika stykowego o dużej przeciążalności. Przebieg komutacji prostownika i współpraca elementów układu. Zastosowanie praktyczne opisanego typu prostownika w urządzeniach rozruchowych silników spalinowych.

617* 621.314.65 D1
Kazancew K. G.: O zmianach w układzie zespołu prostowników rtęciowych dużej mocy. „Ob izmierenjach w scheme mosczno-w rtutnopríobrazowatielnowo agregata“. Promyszl. Energ., Moskwa, mies., Nr 1, stycz. 52, s. 25; A4, 2,5 str., 3 rys., 2 tabl. — Ważność układów prostownikowych dużej mocy w procesie elektrolizy glinu. Zagadnienie napięć powrotnych i zapłonów przy wyłączaniu prostowników. Opis i schemat ultraszybkiego wyłącznika anodowego. Czas wyłączania 0,01 sek., wyłączenie dużych prądów. Wyłączanie szybkie i skuteczne. Przykłady oscylogramów procesu wyłączania. Wyniki eksploatacyjne i porównanie z gorzej działającym wyłącznikiem olejowym. Możliwość zastosowania SPZ.

618* 621.315.1.001.24 D1
Cippel G. O.: Prosta metoda określania gabarytu elektrycznej linii przesyłowej. „Prostoj metod zamiera gabarita linii elektropriedaczki“. Rabocziej Energ., Moskwa, mies., Nr 5, maj 52, s. 24; A4, 1,5 str., 2 rys. — Wykorzystanie zależności trójkątów podobnych do określania wymiarów linii rzędu 10 ÷ 100 m. Przybory pomocnicze: tyczka miernicza i linijka z podziałką milimetrową. Szczególnie ważne przy ocenie wysokości zawieszenia przewodów. Dokładność metody rzędu 10 cm.

Materiały izolacyjne

619* 621.315.616:546.28:621.313.048 D1
Nitzsche S., Dietz W., Kallas H.: Sylikonowe materiały izolacyjne i ich zastosowania. „Silikonisoliertstoffe und ihre Anwendung“. ETZ-A, Wuppertal, dwutyg., t. 74, Nr 3, luty 53, s. 71; A4, 6,5 str., 3 fot., 6 wykr. 2 tabl. — Skład chemiczny niektórych żywic, tłuszczów i olejów sylikonowych, znajdujących zastosowanie jako materiały izolacyjne w elektrotechnice. Wyrób sylikonowych materiałów izolacyjnych. Własności fizyczne materiałów sylikonowych. Żywiec sylikonowy. Guma sylikonowa. Pasta i oleje sylikonowe. Zastosowanie sylikonów do izolacji maszyn elektrycznych.

Sieci i podstacje

620* 621.316.1.016.313:621.316.728 D1
Leonhard A.: Pomiar, dozór i regulacja obciążenia niesymetrycznego w sieciach prądu trójfazowego. „Messung, Überwachung

und Regelung der Schieflast in Drehstromnetzen.“ ETZ-A, Wuppertal, dwutyg., t. 74, Nr 1, stycz. 53, s. 1; A4, 3 str., 1 fot., 2 rys., 2 wykr., 5 poz. bibl. — Ogólne dane o obciążeniu niesymetrycznym w sieciach prądu trójfazowego. Przyrząd do pomiaru składowych symetrycznych układu trójfazowego. Urządzenie regulacyjne do usuwania asymetrii obciążenia przez włączanie odpowiednich oporności biernych.

621* 621.316.17:621.3.627 D1
Klionskaja R. I., Czernyszewa E. G.: Dobór najdogodniejszego napięcia oddziaływów sieci elektrycznych w zakładach przemysłowych. „Wybor najwygodniejszewo napriazhenia cechowych elektriceskich sietiej promyszlennych priedprijatij“. Promyszl. Energ., Moskwa, mies., Nr 8, sier. 52, s. 15; A4, 2 str., 7 poz. bibl. — Przykłady proponowanych w ostatnich latach typowych napięć. Zagadnienie obciążenia i strat w przewodach przy zbyt niskim napięciu. Stosowanie transformatora o zbyt dużej mocy zmniejsza współczynnik mocy i zwiększa straty. Wpływ pory dnia (obciążenie siłowe i oświetleniowe) na wartość współczynnika mocy. Rozważanie stosowania napięcia podwyższonego (rzędu 500 ÷ 1000 V). Streszczenie dyskusji z r. 1950/51 z Elektryczestwa. Wyniki potwierdzają celowość stosowania napięcia 380/220 V.

622* 621.316.267.027.5 D1
Kondachezan W. S.: Seryjne wyposażenie rozdzielni. „Kompletnyje raspriedilitielnyje ustrojstwa (KRU)“. Rabocziej Energ., Moskwa, mies., Nr 5, maj 52 r., s. 7; A4, 4 str., 4 rys. — Celowość budowy typowych urządzeń rozdzielczych średnich napięć. Wzorcowe celki o odpowiednim przeznaczeniu (np. przekładnikowe, liniowe itp.), wykonane w formie szaf. Przykłady dla napięć 3 — 6 kV. Rozplanowanie podstacji jako zespołu typowych celtek (KRU). Doświadczenia zakładów „Elektroszczyt“.

Włłączniki

623* 621.316.542.9:621.317 D1
Silberbauer R.: Zastosowanie wyłącznika pakietowego przy pomiarach. „Der Paketschalter als Messschalter“. E und M, Wien, dwutyg., t. 69, Nr 43, lip. 52, s. 313; A4, 4 str., 3 fot., 6 rys., 1 wykr., 1 tabl. — Budowa wyłącznika pakietowego (warstwowego). Wartości dopuszczalne prądów łączeniowych. Zastosowanie wyłącznika do przełączania obwodów woltomierzy i amperomierzy, do przyrządów synchronizacyjnych, miernika współczynnika mocy, woltomierzy. Odmiany przełączników pakietowych.

624* 621.316.57.002.2 D1
Kuzniecowa P. W.: Zapobieganie uszkodzeniom wyłączników typu WMG. „Prieduprieżdżenie powrieżdżenij wyklučzatielej tipa WMG“. Rabocziej Energ., Moskwa, mies., Nr 5, maj 52, s. 34; A4, 2 str., 4 rys. — Ujemne wyniki eksploatacji wyłącznika WMG. Usterki wytrzymałości mechanicznej. Bezpośrednie przyczyny uszkodzeń — punkty słabe mechaniczne (np. zbyt długie sworznie małej średnicy, zbyt wielkie wychylenie ramienia dźwigni itp.). Podano na rysunku drobne zmiany konstrukcyjne, przy których zniknie prawdopodobieństwo uszkodzenia.

Regulacja

625* 621.316.7:621.34:621.87 D1
Volkland E.: Sterowanie urządzeń dźwigowych w układach prądu stałego. „Einführung in die Gleichstrom-Steuerung von Krananlagen“. Elektrotechnik (Berlin), Leipzig, mies., Nr 6, czerw. 52, s. 258; A4, 9,5 str., 18 rys., 2 poz. bibl. — Wybór rodzajów silników w napędach dźwigowych prądu stałego. Regulacja obrotów silników prądu stałego. Układy z luzownikiem hamulca. Hamowanie elektryczne w układach z silnikami prądu stałego. Rozruszniki i aparatura sterująca. Typowe schematy układów prądu stałego. Układy jazdy z silnikami szeregowymi. Układy wciągarek z silnikiem szeregowym.

626* 621.316.7.076.7 D1
Hartel W.: Elektronowe urządzenie regulacyjne. „Eine elektronische Regeleinrichtung“. ETZ-A, Wuppertal, dwutyg., Nr 24, grud. 52, s. 769; A4, 2,2 str., 7 rys., 1 wykr. — Opis regulatora elektronowego o dużej dokładności (poniżej 0,1%) i szybkości działania. Podstawowe elementy regulatora. Schematy i opis działania elementów: przetwornicy impulsów, źródła napięcia porównawczego, wzmacniacza. Możliwości różnych zestawień elementów regulatora w zależności od przeznaczenia. Charakterystyka układu jako regulatora napięcia.

627* 621.316.71 D1
Urządzenia sterownicze i regulacyjne. „Steuerungen und Regelungen“. ETZ, Wuppertal, dwutyg., Nr 9, maj 52, s. 314; A4, 2 str., 1 fot., 1 rys. — Przegląd ciekawych eksponatów z wystawy w Hannoverze w r. 1952. Regulatory firmy Askania do różnych celów. Urządzenia do samoczynnego rozruchu. Zespoły sterownicze do sprzężarek. Urządzenia sterownicze do przemysłu

włókienniczego. Samoczynne przełączniki kierunku obrotów do maszyn pralniczych. Regulatory elektronowe. Regulatory Tirrilla. Napędy ze sterowaniem z tyratronów. Zespoły do sterowania silnikami.

628* 621.316.717:621.316.8.017.7 D1
Petzoldt E.: **Obliczenie wielkości rozruszników powietrznych.** „Berechnung der Anlassergrösse für Luftanlasser.“ E und M, Wien, dwutyg., t. 69, Nr 15/16, sierp. 52, s. 359; A4, 2,5 str., 1 wykr. — Równanie nagrzewania się opornika w czasie. Ogólna postać równania określającego wielkość poszczególnych stopni opornika rozruchowego. Rozwiązanie równań dla jednego rozruchu i dla kilku rozruchów powtarzających się w krótkich odstępach czasu.

629* 621.316.727.077.8:621.315.017 D1
Listnin W. S., Parfienow K. A.: **Rozmieszczenie kondensatorów w sieci elektrycznej.** „Распределение конденсаторов в электрической сети.“ Promyszl. Energ., Moskwa, mies., Nr 12, grud. 52, s. 18; A4, 3 str., 2 tabl. — Stosunek zmniejszenia strat w linii do kosztu kondensatorów ekonomicznym kryterium właściwego rozmieszczenia kondensatorów statycznych. Metoda obliczania zmniejszenia strat w sieci (obliczenie strat czynnych w linii, obliczenie mocy potrzebnych kondensatorów). Przykład obliczeń dla linii kablowej niskiego napięcia (przy pominięciu oporności biernej przewodów).

Urządzenia zabezpieczające

630* 621.316.925.43:622.33 D1
Jefremow W. K., Chajesz M. M.: **Ochrona przeciwzwarciowa w podziemnych sieciach elektrycznych niskiego napięcia.** „Засщита от токов короткого замыкания в подземных электрических сетях низково напряжения.“ Promyszl. Energ., Moskwa, mies., Nr 12, grud. 52, s. 15; A4, 2,5 str., 3 rys., 2 poz. bibl. — Wyniki eksploatacyjne z sieci zasilającej urządzenia w kopalniach węgla. Nieprawidłowe obliczenie prądów zwarcia w takich sieciach. Wykresy zależności prądu zwarcia od mocy transformatora i długości kabla oraz jego przekroju. Badania oscylograficzne prądów zwarcia (układ i wyniki). Wyznaczenie prądu rozruchu wyzwalacza nadmiarowego, ocena błędów obliczenia.

631* 621.316.925.44.012 D1
Franken H.: **Wyzwalacze i przekładniki ciepłe oraz ich dane charakterystyczne.** „Thermische Auslöser und Relais (Motorschutzrelais) und ihre Kennwerte.“ E und M, Wien, dwutyg., t. 69, Nr 18, wrzes. 52, s. 414; A4, 7,5 str., 7 wykr., 5 poz. bibl. — Charakterystyki wyzwalaczy i przekładników cieplnych. Znaczenie stałej czasu. Wyrażenie analityczne krzywej nagrzewania przekładników nagrzewanych bezpośrednio i pośrednio. Wyznaczanie danych charakterystycznych na podstawie zmierzonych charakterystyk. Przykłady kilku rozwiązań praktycznych. Obliczenie danych charakterystycznych bez pomocy pomiarów.

632* 621.315.1:621.315.668.1:621.316.93 D1
Burgsdorf W. W.: **Ochrona odgromowa elektrycznych linii przesyłowych, na słupach drewnianych.** „Grozasschutz linij elektropieredaczi na dierewiannych oporach.“ Rabocziej Energ., Moskwa, mies., Nr 11, list. 52, s. 29; A4, 5 str., 6 rys., 2 tabl. — Ważność zagadnienia wobec 60% linii na słupach drewnianych w ZSRR. Rozpatrzenie różnych sposobów poprawienia odporności liniowej linii: przewody odgromowe, odgromniki wydumchowe, wykorzystanie izolacji drzewa SPZ. Przyjęcie kąta 20° jako kąta absolutnej ochrony oraz uziemienie rzędu 10 — 15 omów. Krytyka działania odgromników (koszt, powodowanie zwarc, wyniki eksploatacyjne). Zagadnienie prawdopodobieństwa przejścia iskry w łuk. Podkosa. Celowość zastosowania SPZ (tablica liczby zwarc wyrzuconych przez SPZ).

Miernictwo elektryczne

633* 621.317.333:313.048.1 D1
Galitowski W. G.: **Badanie uzwojeń maszyn elektrycznych napięciem podwyższonym.** „Испытание обмоток электрических машин повышенным напряжением.“ Rabocziej Energ., Moskwa, mies., Nr 12, grud. 52, s. 13; A4, 1 str., 1 rys. — Konieczność sprawdzenia izolacji ziemnej i międzycewkowej uzwojeń maszyny po każdym remoncie lub przewinięciu uzwojenia. Przykład przeprowadzenia badań w zakładzie przemysłowym na prowizorycznym układzie probierczym. Opis układu. Zastosowanie przełączników napięciowych. Sposób wykrywania przebicia izolacji.

Niniejszy Przegląd Bibliograficzny zawiera jedynie część analiz dokumentacyjnych publikacji z zakresu elektrotechniki. Pełna dokumentacja ukazuje się w postaci kart dokumentacyjnych, wydawanych przez Centralny Instytut Dokumentacji Naukowo-Technicznej (Warszawa, Al. Niepodległości 188). CIDNT przyjmuje, prumeruje kart dokumentacyjnych, która może obejmować zarówno całą dokumentację naukowo-techniczną, jak i działy lub poszczególne zagadnienia i tematy techniczne.

CINDT wykonuje za zwrotem kosztów fotokopie i mikrofilmowe publikacji objętych Przeglądem Dokumentacyjnym jak i kartami dokumentacyjnymi.

634* 621.317.333.4:621.315.23 D1
Bogomazow S. F.: **Określenie miejsca uszkodzenia kabla.** „Определение места повреждения кабеля.“ Rabocziej Energ., Moskwa, mies., Nr 10, paźdz. 52, s. 28; A4, 3,25 str., 5 rys., 1 tabl. — Metoda pojemnościowa przy założeniu stałego rozłożenia pojemności wzdłuż kabla. Obliczenie odległości miejsca uszkodzenia za pomocą prostego wzoru. Zastosowanie w przypadku przerwania jednej żyły z jej uziemieniem lub bez, przerwanie z uziemieniem wszystkich żył. Tablica pojemności rozłożonej kabla w zależności od przekroju i napięcia. Układy pomiarowe prądu stałego i zmiennego. Dobór elementów mostka pomiarowego.

635* 621.317.38:621.3.089.6 D1
Korjakin M. A.: **Sprawdzanie trójfazowych układów pomiaru energii i mocy elektrycznej.** „Проверка трифазных схем измерения электрической энергии или мощности.“ Rabocziej Energ., Moskwa, mies., Nr 8, sierp. 52, s. 33; A4, 1,5 str., 2 rys., 1 tabl. — Przyczyny niedokładności pomiarów. Przykład sprawdzenia układu watomierzowego lub licznikowego drogą zdjęcia wykresu wektorowego napięć i prądów. Układ połączeń, sposób wykreślenia. Kolejność wykonywanych operacji. Uwzględnienie szybkości obrotów tarczy licznika na wykresie wektorowym. Metoda nadaje się do zastosowania również w układach o zmiennym obciążeniu danego charakteru (np. indukcyjnego).

636* 621.317.39:545.729 D1
Dawydow D. P.: **Poprawienie działania elektrycznych gazoanalyzerów.** „Улучшение работы электрических газоанализаторов.“ Rabocziej Energ., Moskwa, mies., Nr 6, czerw. 52, s. 29; A4, 3 str., 6 rys. — Opis krytyczny analizatorów Siemens'a oraz GEUK opartych na zasadzie mostka Wheatstone'a. Przyczyny błędów w określaniu zawartości CO₂ w gazie. Omówienie sposobów ograniczenia błędów spowodowanych przez jakość układu, małą szybkość przepływu gazów (i związane z tym nagrzewanie), niestateczność napięcia źródła oraz warunków atmosferycznych otoczenia itp. Podano schematy stabilizatora napięcia oraz filtru gazu badanego. W wyniku uzyskano dokładność 0,3% CO₂.

637* 621.317.785.017 D1
Filinow A. P.: **Licznik strat na zasadzie licznika trójfazowego typu I.** „Счетчик потер на базе трехфазного счетчика типа I.“ Rabocziej Energ., Moskwa, mies., Nr 8, sierp. 52, s. 22; A4, 1 str., 1 rys., 1 tabl. — Powszechne zastosowanie licznika indukcyjnego do pomiaru strat. Mała dokładność. Opis i układ połączeń nowego typu licznika strat (indukcyjnego trójfazowego) o dwukrotnie większej dokładności. Duża czułość, możliwość szerokiego zastosowania.

Oświetlenie elektryczne

638* 628.972:621.32 D1
Presbrey P., Buchholz E. L.: **Podstawa projektowania ogólnego oświetlenia wnętrz mieszkalnych.** „A basis for predicting general room illumination in the Home.“ Illum. Engng., New York, mies., t. 47, Nr 6, czerw. 52, s. 316; A4, 14 str., 2 tabl., 4 poz. bibl. — Tablica wskaźników pomieszczenia oraz tablica współczynników sprawności oświetlenia dla 30 typów opraw żarowych i 10 typów opraw świetłówkowych. Omówienie tablic i wniosków.

639* 628.93:621.32.003 D1
Barr A. C., Amick C. W.: **Podstawy analizy kosztu oświetlenia.** „Fundamentals of lighting cost analysis.“ Illum. Engng., New York, mies., t. 47, Nr 5, maj 52, s. 260; A4, 5 str., 1 tabl. — Odczyt na Konferencji Stowarzyszenia Inżynierów Oświetleniowych w sierpniu 1/51 r. w Waszyngtonie. Elementy analizy kwitów. Proponowana metoda. Dane podstawowe. Koszty założenia. Roczne koszty eksploatacyjne. Całkowity koszt roczny. Ocena kosztów konkretnego obiektu. Dyskusja.

Trakcja elektryczna

640* 621.318.387:621.331:625.439 D1
Kemper H.: **Pociągi z napędem elektrycznym o zawieszaniu elektromagnetycznym.** „Elektrisch angetriebene Eisenbahnfahrzeuge mit elektromagnetischer Schwebeführung.“ ETZ-A, Wuppertal, dwutyg., t. 74, Nr 1, stycz. 53, s. 11; A4, 3,5 str., 7 rys., 1 wykr., 9 poz. bibl. — Możliwości utrzymywania ciężkich ciał w powietrzu przez siły magnetyczne. Korzyści zastosowania zawieszania elektromagnetycznego pojazdów trakcyjnych. Ogólna konstrukcja pojazdów tego rodzaju. Regulacja napiągu elektromagnetycznego. Zużycie energii przez urządzenie. Konstrukcja szyn. Rozwiązanie napędu elektrycznego pojazdów o zawieszaniu elektromagnetycznym.

Wydawnictwa nadesłane

**MIAGKOW W. TOLERANCJE I PASOWANIA OBO-
WIAZUJĄCE W ZSRR.** Tłum. mgr inż. mech. R. Bara-
nowicz. 1951, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Tech-
niczne. Format B5, str. 204, rys. 91. — Spis rzeczy: Paso-
wania i tolerancje wymiarów gładkich otworów i wał-
ków. Tolerancje długości przedmiotów. Tolerancje wy-
miarów kątowych. Dopuszczalne odchyłki geometryczne-
go kształtu i wzajemnego rozmieszczenia powierzchni
przedmiotów. Tolerancje wyrobów lanych, odkuwek i wy-
robów tłoczonych z plastyków. Tolerancje i pasowania
przrzędów obróbkowych i tłoczników. — Przedmowa
wydawcy: Książka ma charakter poradnika konstruktora
i omawia pasowania i tolerancje (obowiązujące
w ZSRR) w budowie maszyn. Stanowi ona zwartą, usys-
tematyzowaną pracę zawierającą krótkie objaśnienia,
określenia oraz tablice tolerancji i pasowań wymiarów
długościowych i kątowych obrabianych przedmiotów.
Oprócz tego podano w niej oznaczenia, klasyfikacje, okre-
ślenia i tablice dopuszczalnych odchyłen kształtu geome-
trycznego i rozmieszczenia powierzchni, tablice toleran-
cji odlewów, odkuwek i wyrobów prasowanych z mas
plastycznych, jak również tablice tolerancji i pasowań
przrzędów obróbkowych i tłoczników. Podręcznik jest
przeznaczony dla inżynierów konstruktorów i technolo-
gów budowy maszyn.

**GULIAJEW G. ORGANIZACJA STANOWISKA RO-
BOCZEGO W FABRYKACH BUDOWY MASZYN.** Tłum.
z rosyjskiego inż. H. Kalisz. 1951, Warszawa, Państwo-
we Wydawnictwa Techniczne. Format A5, str. 117, rys.
115, cena zł 10. — Spis rzeczy: Wstęp. Stanowisko robo-
cze i zasady jego prawidłowej organizacji. Analiza prze-
biegu pracy na stanowisku roboczym. Zastosowanie krótkich
i najmniej męczących ruchów roboczych. Równomierne
wykonywanie ruchów roboczych obiema rękami. Zmniejsze-
nie ilości ruchów roboczych. — Przedmowa wydawcy:
Książka podaje podstawy racjonalnej organizacji stano-
wiska roboczego w warunkach produkcji seryjnej. Na kon-
kretnych przykładach zanalizowano ruchy robocze robot-
nika i wskazano chwyt właściwe i najmniej męczące
oraz zwrócono uwagę na racjonalne rozmieszczenie na
stanowisku roboczym narzędzi, przedmiotów do obróbki
i innych materiałów. Praca jest przeznaczona dla inży-
nierów, techników, mistrzów i brygadzystów w fabrykach
budowy maszyn.

**MOSZYŃSKI WACŁAW, dr inż. profesor Politechni-
ki Warszawskiej. WYKŁAD ELEMENTÓW MASZYN
Część IV: Mechanizmy.** 1952, Warszawa, Państwowe Wy-
dawnictwa Techniczne. Format A5, str. 384, cena 46 zł. —
Spis rzeczy: Mechanizmy. Mechanizmy korbowe. Koła za-
machowe i regulatory. Drgania wałów maszynowych.
Fundamentowanie maszyn. — Z przedmowy wydawcy:
Książka jest przeznaczona dla konstruktorów maszyn
i studentów wydziałów mechanicznych politechnik.

**LEWICKI TADEUSZ mgr inż. prof. Politechniki Wro-
clawskiej. CZĘŚCI MASZYN.** 1951, Warszawa, Państwo-
we Wydawnictwa Techniczne. Format B5, str. 126, rys.
227. — Spis rzeczy: Wiadomości wstępne. — Po-
łączenia. Rodzaje połączeń. Połączenia nitowe.
Połączenia spawane, zgrzewane i lutowane. Połączenia
włazane, skurczowe i rozprężone. Połączenia klinowe,
sworznikowe i kołkowe. Połączenia gwintowe. Połączenia
sprężyste. Połączenia rurowe. Zawory. — Łoży-
skowa. Pojęcia podstawowe. Tarcie. Smary i smarowa-
nie. Łożyiska. Osie i wały. Łączenie wałów. Sprzęgła.
Hamulce. — Napędy. Wiadomości ogólne. Napędy
ciernie. Napędy zębate. Napędy cięgnowe. Napędy korb-
owe. Napędy jarzmowe. Napędy krzywkowe. — Za-
mianowanie części. Wymiary tolerowane i tolerancje
wymiarów. Pasowania na tle układu tolerancji średnic. —
Przedmowa wydawcy: Książka ujmuje w przystępny
sposób całokształt zagadnień związanych z częściami ma-
szyn i ich obliczeniami w zakresie dostępnym dla rze-
mieślnika. Klasyfikacja i słownictwo zostało oparte na
książce prof. W. Moszyńskiego pt. „Wykład elementów
maszyn”.

**DOBÓR KÓŁ ZMIANOWYCH. Pomocnicze tablice
liczbowe. Praca zbiorowa. Tłum. Edmund Zieleniewski.**
1951, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne.
Format B6, str. 206, cena 13,50 zł. — Przedmowa wy-
dawcy: Książka stanowi pomoc przy doborze kół zmi-
nowych dla obrabiarek specjalnych. Zawiera ona w ta-
blicy pierwszej 12 000 ułamków zwyczajnych i odpowied-
ników w postaci ułamków dziesiętnych z dokładnością
do 8 miejsc; w tablicy drugiej podano czynniki proste,
na jakie rozłożyć można liczby od 4 do 10 123. Książka
zawiera ponadto objaśnienia i przykłady korzystania z ta-
blic; przeznaczona jest dla rzemieślników i techników
warsztatowych.

Treść nr 10 Przeglądu Technicznego 1952 r.

Z programu wyborczego Frontu Narodowego. — Z pro-
jektu dyrektyw XIX Zjazdu WKP(b) w sprawie piętego
pięcioletniego planu rozwoju ZSRR na 1951—1955. — Po-
rębski J. Przechodząca technika radziecka. — Bardin
I. A. Metale dla wielkich budowli komunizmu. — Chu-
dzyński M. Kanał Wołga-Don. — Gajewski D.
O pracach radzieckich stowarzyszeń naukowo-technicz-
nych w 1951—52 r.

Sprawy organizacyjne NOT i stowarzyszeń. — Wśród
książek i wydawnictw. — Kronika. — Biuletyn Central-
nego Instytutu Dokumentacji Naukowo-Technicznej. —
Biuletyn Głównego Urzędu Miar.

Treść nr 11 Przeglądu Technicznego 1952 r.

Przemówienie Prezydenta Bolesława Bieruta na
II Kongresie Inżynierów i Techników Polskich. — List
uczestników II Kongresu Inżynierów i Techników Pol-
skich do Prezydenta Bolesława Bieruta. — Rezolucja
II Kongresu Inżynierów i Techników Polskich. — Ru-
miński B. Podsumowanie obrad II Kongresu Inżynie-
rów i Techników Polskich. — Wierzbiński W. Zadania
polskiej inteligencji technicznej po II Kongresie Inżynie-
rów i Techników Polskich. — Czarnowski J. W. Prze-
niesimy w teren wyniki II Kongresu Inżynierów i Tech-
ników Polskich. — Referat sprawozdawczy Sekretarza Ge-
neralnego NOT mgr inż. J. W. Czarnowskiego, wygłoszony
na III Walnym Zjeździe Delegatów NOT. — Dickman J.
Zagadnienia materiałowe w przemyśle maszynowym. —
Borowy M. Z nowych zdobyczy techniki radzieckiej. —

Bobrowski L. Analiza widma w podczerwieni i za-
stosowanie jej w przemyśle. — Niewiadomski C.,
Olszewski M. Spajanie na zimno. — Gawlikow-
ski W. Transport ciągly betonu na budowach. — Za-
krzewski J. Mechanizacja oczyszczania powierzchni
ogrzewalnych agregatów kotłowych.

Sprawy organizacyjne NOT i stowarzyszeń. — Wśród
książek i wydawnictw. — Kronika. — Biuletyn Central-
nego Instytutu Dokumentacji Naukowo-Technicznej. —
Przegląd Bibliograficzny Metrologii.

Treść nr 12 Przeglądu Technicznego 1952 r.

J. W. C. Krajowa Narada Remontowa. — Kowal-
ski J. System planowo-zapobiegawczych remontów w
przemyśle. — Krzykański T. Zagadnienie remontów
w przemysłach kluczowych. — Śmielewski F. Za-
gadnienie walki z awariami. — Turoń R. Z doświadczeń
remontów szybkościowych w przemyśle metalowym. —
Panek S. Zagadnienie remontów w przemyśle węgl-
owym. — Stępień M. Remonty szybkościowe w prze-
mysłach chemicznym i rolno-spożywczym. — Wiślicki
A. Planowe remonty zapobiegawcze w budownictwie. —
Przegląd wydawnictw i publikacji z zakresu obsługi,
konserwacji i remontów. — Informator o najważniejszych
produktowanych w kraju narzędziach i przyrządach dla
celów remontowych.

Sprawy organizacyjne NOT i stowarzyszeń. — Wśród
książek i wydawnictw. — Kronika. — Spis rzeczy z ro-
ku 1952. — Biuletyn Centralnego Instytutu Dokumentacji
Naukowo-Technicznej. — Biuletyn Głównego Urzędu
Miar.

KONKURS RACJONALIZATORSKI

Zarząd Główny Związku Zawodowego Pracowników Energetyki wraz ze Stowarzyszeniem Elektryków Polskich ogłasza konkurs na pomysły racjonalizatorskie z dziedziny techniki ochrony pracy przy budowie i obsłudze urządzeń energetycznych.

Problem ochrony pracy zarówno przez Partię, jak i przez Rząd naszego Państwa, jest stawiany wśród czołowych zagadnień. W trosce o człowieka pracy Państwo przeznacza poważne sumy na poprawienie warunków i podniesienie stanu bezpieczeństwa pracy. Poprawę warunków bezpieczeństwa pracy osiągamy między innymi drogą wprowadzenia do ruchu nowoczesnych odpowiednio bezpiecznych urządzeń oraz przez możliwie pełne zabezpieczenie urządzeń odziedziczonych po gospodarce kapitalistycznej, których stan niejednokrotnie pozostawia jeszcze wiele do życzenia.

Olbrzymi rozwój uprzemysłowienia Kraju oraz przewidziane w Planie 6-letnim zatrudnienie dużej liczby młodocianych i kobiet, które dotychczas w energetyce nie pracowały, czynią sprawę bezpieczeństwa pracy jeszcze pilniejszą.

Analiza wypadków w energetyce i ich przyczyn wskazuje, że najpilniejszymi zagadnieniami do rozwiązania w dziedzinie techniki ochrony pracy są:

- Wskaźniki napięcia, które dawałyby wyraźne wskazania optyczne lub akustyczne obecności napięcia przy użyciu ich nawet pod gołym niebem, przy silnym oświetleniu itp.
- Przenośne uziemienia ochronne skonstruowane w taki sposób, aby można było łatwo posługiwać się tym sprzętem przy pracach na liniach napowietrznych i w stacjach.
- Sposoby wykonania blokady, która nie pozwalałaby na przykład:
 - a) na otwieranie odłącznika przy załączonym wyłączniku,
 - b) na otwieranie drzwiczek celki, gdy urządzenia są pod napięciem,
 - c) na ręczne załączanie wyłącznikiem na zwarcie.
- Ulepszenie ręcznych narzędzi izolowanych, przeznaczonych do pracy przy niskim napięciu (np. śrubokręty, płaskoszczypy, cęgi do bezpieczników niskiego napięcia itp.) dla zwiększenia bezpieczeństwa i ułatwienia pracy.
- Drążki izolujące (do obsługi odłączników lub innych urządzeń) o budowie, która pozwoli na ich użycie podczas deszczu, mgły itp.
- Przyrząd, który przy przystępowaniu do pracy na trasie kabla pozwalałby na określenie, czy kabel znajduje się pod napięciem.
- Urządzenie, które w łatwy sposób pozwoliłoby określić stopień nadgnicia słupa.
- Urządzenie umożliwiające bezpieczną pracę na zagrożonym słupie drewnianym.
- Urządzenie pozwalające na sprawdzenie pod napięciem w bezpieczny sposób wartości izolacyjnej izolatorów na liniach najwyższych napięć i odznaczające się łatwością dokonywania odczytów.
- Przyrząd do przecinania kabli, który chroniłby personel dokonywający tej czynności przed porażeniem prądem elektrycznym lub poparzeniem łukiem w przypadku, gdy przecinany kabel omyłkowo znajduje się pod napięciem.

Powyższa lista tematów została podana przykładowo. Inne pomysły zmierzające do zwiększenia bezpieczeństwa pracy przy budowie i obsłudze urządzeń energetycznych oraz przy wszelkich urządzeniach mechanicznych, występujących w energetyce, będą traktowane na równi z podanymi przykładami.

Pomysły należy składać w terminie do dnia 1 marca 1953 r. w załakowanych kopertach, opatrzonych godłem i zaadresowanych: — Stowarzyszenie Elektryków Polskich, Warszawa, ul. Czackiego 3/5, „Konkurs Racjonalizatorski T.O.P. w energetyce”. Równocześnie należy złożyć zapieczętowaną kopertę, opatrzoną tym samym godłem, w której należy podać nazwisko, adres i miejsce pracy autora.

W skład Sądu Konkursu wchodzi przedstawiciele Związku Zawodowego Pracowników Energetyki, Ministerstwa Energetyki i Stowarzyszenia Elektryków Polskich.

Za wyróżnione prace zostaną przyznane następujące nagrody:

- | | |
|-------------------------------|-------------------------------|
| jedna nagroda I — 5.000 zł | cztery nagrody III — 2.000 zł |
| dwie nagrody II — 3.500 zł | dziesięć nagród IV — 1.000 zł |
| dwadzieścia nagród V — 500 zł | |

Wszelkich dodatkowych wyjaśnień udziela Zarząd Główny Zw. Zaw. Proc. Energetyki, Warszawa, Al. Jerozolimskie 91, II piętro, pokój 201, telefon 88-640 wewn. 6 lub 89-840 wewn. 295.

Wyniki konkursu będą podane do wiadomości wszystkim zainteresowanym.

Warunki prenumeraty PRZEGŁĄDU ELEKTROTECHNICZNEGO na 1954 r.

I. Prenumerata normalna

Prenumerata normalna wynosi: roczna 108 zł, półroczna 54 zł, kwartalna 27 zł.

Zgłoszenia na prenumeratę normalną przyjmują wyłącznie urzędy pocztowe oraz listonosze miejscy i wiejscy w tym rejonie doręczeń, gdzie zamieszkuje prenumerator.

Termin zgłaszania prenumeraty normalnej na okres roczny, półroczny lub kwartalny upływa z dniem 10 każdego miesiąca, poprzedzającego okres prenumeraty.

II. Prenumerata ulgowa

Prenumerata ulgowa wynosi: roczna 54 zł, półroczna 27 zł, kwartalna 13,50 zł.

Z prenumeraty ulgowej mogą korzystać w 1954 r. jedynie członkowie stowarzyszeń naukowo-technicznych zrzeszonych w NOT oraz członkowie klubów techniki i racjonalizacji przy zamawianiu **zbiorowym** przez koła zakładowe.

Członkowie stowarzyszeń nie zrzeszeni w kołach zakładowych korzystają z prenumeraty ulgowej przy zamawianiu **zbiorowym** przez oddziały stowarzyszeń.

Prenumeratę można zgłaszać na okres kwartalny, półroczny i roczny.

Koła zakładowe i oddziały stowarzyszeń przekazują zamówienia zbiorowe w podanych niżej terminach do PPK „Ruch”, Warszawa, Centralna Ekspedycja, ul. Srebrna 12, wpłacając **jednocześnie** należność do PKO na konto nr I-14000/110.

Terminy zgłaszania prenumeraty ulgowej w kołach zakładowych i oddziałach Stowarzyszeń:

na I kwartał 1954 r.	— do 30 listopada 1953 r.
„ II „ „	— do 28 lutego 1954 r.
„ III „ „	— do 31 maja 1954 r.
„ IV „ „	— do 31 sierpnia 1954 r.

Terminy powyższe powinny być ściśle przestrzegane.

Wydawnictwa nadesłane

MOSZYŃSKI WACŁAW, dr inż., prof. Politechniki Warszawskiej. **WYTRZYMAŁOŚĆ ZMĘCZENIOWA CZĘŚCI MASZYNOWYCH**. 1953, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Str. 279, rys. 253, cena zł 24,60. — Spis rzeczy: Wiadomości podstawowe. Schematy, tablice i wykresy pomocne przy obliczeniach zmęczenia i wytyczne kształtowania części maszynowych. Przykłady obliczeniowe. — Informacje wydawcy: Praca niniejsza jest systematycznym wykładem podstawowych wiadomości z dziedziny wytrzymałości zmęczeniowej części maszynowych. W książce podano sposoby obliczania współczynników bezpieczeństwa i omówiono je w ujęciu rachunku prawdopodobieństwa. Praca ta zawiera obliczenia naprężeń prostych i złożonych z uwzględnieniem połączeń nitowanych, spawanych, wtlaczanych, skurczowych, gwintowych i sworzniowych. W książce tej znajdują się wykresy robocze i wytyczne kształtowania części maszynowych oraz liczne przykłady obliczeń zmęczenia typowych części maszynowych. Książka przeznaczona jest dla konstruktorów maszyn.

PROWANS STANISŁAW, mgr inż. **POMIAR TEMPERATUR**. 1953, Stalinogród, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Str. 212, rys. 154, cena zł 22,20. — Spis rzeczy: Podstawy termometrii. Termometry rozszerzalnościowe. Termometry kalorymetryczne. Farby termometryczne. Urządzenia działające na zasadzie zmiany stanu skupienia. Termometry oporowe. Termometry termoelektryczne. Pirometry optyczne. Wzorcowanie przyrządów pomiarowych. Urządzenia pomocnicze do pomiarów temperatur. — Informacja wydawcy: Książka zawiera podstawy teoretyczne termometrii oraz teorię i opisy konstrukcji termometrów stosowanych w laboratoriach, przemyśle i innych dziedzinach. Poza tym omówione są sposoby wzorcowania termometrów oraz urządzenia pomocnicze stosowane przy pomiarach temperatury lub w połączeniu z termometrami. Książka przeznaczona jest dla techników i inżynierów pracujących w dziedzinie pomiarów cieplnych lub w przemyśle produkującym urządzenia dla termometrii, zarówno

do pogłębienia wiadomości jak i do pomocy przy wykonywaniu pomiarów i wzorcowaniu przyrządów.

KLIMCZYK WŁADYSŁAW, inż. **ODLEWANIE WLEWKÓW STALOWYCH**. 1953, Stalinogród, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Str. 214, rys. 154, zł 22,50. — Informacje wydawcy: W książce podano ogólne zasady wytapiania stali, opisy zjawisk fizyko-chemicznych przy powstawaniu czy usuwaniu wtrąceń niemetalicznych w płynnej stali, wpływ stopnia uspokojenia stali tudzież kształtu wlewka na jego strukturę i wygląd oraz różne sposoby odlewania wlewków i ich wady. Ponadto zawiera ona opis kontroli temperatury i szybkości odlewania stali oraz liczne opisy wyników badań metalurgicznych. Książka przeznaczona jest dla techników i inżynierów stalowników lub pracowników kontroli technicznej i może być pomocna w średnich i wyższych szkołach technicznych.

PASZKOWSKI BOHDAN, mgr inż., **HENNEL JAN**, mgr inż. **LAMPY ELEKTRONOWE**. 1953, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Str. 303, cena zł 33,10. — Spis rzeczy: Podstawy fizyczne elektroniki. Ogólne dane fizyczne. Elektrony, jony i ich ruchy. Optyka elektronowa. Emisja elektronów. Wyladowania elektryczne w gazach. Promieniowanie ciepłe. — Właściwości i przykłady budowy lamp elektronowych. Termokatody. Lampa dwuelektrodowa (dioda). Lampa trójelektrodowa (trioda). Lampa pięcioelektrodowa (pentoda). Lampy gazowane. Lampy oscyloskopowe. Lampy fotoelektryczne. Budowa lamp elektronowych. Chłodzenie anod w lampach elektronowych. — Informacja wydawcy: Książka przeznaczona jest dla inżynierów pracujących w przemyśle lamp elektronowych, instytutach i zakładach badawczych oraz dla studentów wyższych szkół technicznych. Mogą z niej również korzystać radiotechnicy i inni użytkownicy lamp elektronowych, pragnący głębiej poznać możliwości i warunki pracy lampy elektronowej.

PRZEGŁĄD TECHNICZNY, organ główny NOT, nr 10/53, zawiera następujące artykuły: W trzydziestą szóstą rocznicę Wielkiej Rewolucji Październikowej. — Porębski J. Technika radziecka — przodująca technika świata. — Lutecki M. Pomoc radziecka w budowie Nowej Huty wyrazem nowych stosunków międzynarodowych. — Wirski-Pękala W. Nowe metody pracy przy budowie kombinatu Nowa Huta. — Gajewski D. Z pracy radzieckich stowarzyszeń naukowo-technicznych. — Bielicki W. Pomoc nauki polskiej dla budowy Kombinatu Nowa Huta. — Gawin B. W sprawie dystrybucji książki technicznej — RS. Niefortunna przedmowa. — Sprawy organizacyjne NOT i stowarzyszeń. — Wśród książek i wydawnictw. — Kronika. — Biuletyn CIDNT. — Przegląd Dokumentacyjny Metrologii.

PRZEGŁĄD TECHNICZNY, organ główny NOT, nr 11/53, zawiera następujące artykuły: Lipski T. Inżynierowie i technicy w pracy związków zawodowych. — Wróblewski J. Nowe elementy oceny układów mechanizacji. — Rytwiński S. O racjonalne wykorzystanie materiałów w budowie maszyn i urządzeń. — Kręglewski A. Zagadnienie gazyfikacji transportu, cz. II. — Prądyński A. Zastosowanie rentgenologii strukturalnej w zagadnieniach przemysłu metalowego. — Zamoyski T. Recenzje książek technicznych. — Maksymowicz A. Ostrożnie ze słownictwem technicznym. — R. S. Eżeksa do dolnego biegu. — Sprawy organizacyjne NOT i stowarzyszeń. — Wśród książek i wydawnictw. — Kronika. — Biuletyn CIDNT. — Przegląd Dokumentacyjny CIDNT. — Biuletyn GUM.

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWA TECHNICZNE

Nowości wydawnicze

- BORKOWSKI K.: **Automatyczne centrale telefoniczne.** 1953, s. 487, zł 21.— Zatwierdzono do użytku szkolnego przez CUSZ
- CYKIN G. S.: **Transformatory małej częstotliwości. Teoria, obliczanie i budowa.** Tłum. z ros. A. Kiliński. 1953, s. 308, zł 33.50
- CYPRIAN T.: **Fotografia. Technika i technologia.** 1953, s. 412, zł 31.50 (w oprawie)
- ĆWIEK Z.: **Cięcie i spawanie metali pod wodą.** 1953, s. 74, zł 5.90
- Elastomery i plastomery. Tom II. Chemia i technologia.** Praca zbiorowa pod redakcją R. Houwinka. Tłum. z ang. zespół. 1953, s. 530, zł 52.— (w oprawie)
- GOĆKOWSKI S.: **Badania mechanicznych własności metali.** 1953, s. 159, zł 10.70
- GRIGORIEW P. N., MAKSIMOWSKI N. P.: **Elementy i konstrukcje żużlobetonowe.** Tłum. z ros. A. Rubera. 1953, s. 108, zł 7.30
- IWIANSKI A. W.: **Konstrukcje żelbetowe.** Tłum. z ros. W. Lenkiewicz. Komentarzami opatrzył J. Minc. 1953, s. 479, zł 29.70 (w oprawie)
- JABŁOŃSKI ST., SKUPIŃSKI W., WALEWSKA Z.: **Szybkie metody analizy jakościowej stali i stopów. Analiza kropłowa.** Wyd. 2 poprawione. 1953, s. 128, zł 10.—
- KAHL T.: **Zasady projektowania sieci elektroenergetycznych niskich i średnich napięć.** 1953, s. 378, zł 17.— Zatwierdzono do użytku szkolnego przez CUSZ.
- KLUZ T.: **Obliczanie belek ciągłych. Metoda przeszłych zastępczych i reakcji wtórnych.** 1953, s. 166, zł 58.— (w oprawie)
- KOTARSKI Z.: **Płyty i pustaki wiórkowo-cementowe.** 1953, s. 74, zł 5.20
- LEBIEDIEW M. N., ŻMIJENKO S. M., MARKOWICZ M. P.: **Roboty budowlane.** 1953. Tłum. z ros. W. Fiszer i E. Janke. 1953, s. 489, zł 26.40
- LIDMANOWSKI W.: **Technika wysokich napięć.** 1953, s. 203, zł 9.10. Zatwierdzono do użytku szkolnego przez CUSZ.
- ŁAPIŃSKI J.: **Metalizacja natryskowa.** Wyd. 2 uzupełnione. 1953, s. 143, zł 13.40 (w oprawie). Zatwierdzono do użytku szkolnego przez CUSZ.
- ŁOSIKOW B. W., ŁUKASZEWICZ I. P.: **Towaroznawstwo naftowe.** Tłum. z ros. Z. Łodziński. 1953, s. 334, zł 37.90
- MACKIEWICZ S.: **Gwintowniki. Konstrukcja.** 1953, s. 68, zł 5.80
- MAJEWSKI A.: **Zamek w Pieskowej Skale. Teka konserwatorska.** Zeszyt 2. Ministerstwo Kultury i Sztuki. Zarząd Ochrony i Konserwacji Zabytków. 1953, s. 98, zł 50.—
- Mechanik. Poradnik techniczny. Tom II. Część 4. — Elementy maszyn.** Wyd. 3. Praca zbiorowa. 1953, s. 742, zł 85.50 (w oprawie)
- Mechanik. Poradnik Techniczny. Tom IV. Część 2. — Pompy, sprężarki i maszyny chłodnicze.** Wyd. 3. Praca zbiorowa. 1953, s. 671, zł 54.— (w oprawie)
- MICHAJŁOW W. W.: **Projektowanie aparatów elektrycznych wysokiego napięcia.** Tłum. z ros. J. Elbaum i P. Głowacki. 1953, s. 240, zł 10.20
- MISTUR L.: **Spawanie żeliwa.** 1953, s. 132, zł 8.30
- MODLIŃSKI W.: **Mycie części maszyn.** 1953, s. 34, zł 2.50
- NIEUPOKOJEW W.: **Aparaty telefoniczne.** 1953, s. 310, zł 27.— (w oprawie)
- NOWACKI P.: **Linie dalekosiężne.** 1953, s. 210, zł 22.— (w oprawie)
- NOWAKOWSKI B.: **Zasady wietrzenia i ogrzewania zakładów pracy.** 1953, s. 232, zł 15.60
- NOWAKOWSKI W.: **Metody oczyszczania wody zasilającej kotły parowe.** Wyd. 2 uzupełnione. 1953, s. 192, zł 13.60
- OCHĘDUSZKO S.: **Teoria maszyn cieplnych. Część I.** 1953, s. 372, zł 64.— (wraz z atlasem „Tablice”) (w oprawie)
- OLDAKOWSKI H.: **Budowa i obsługa sprzętu pożarniczego.** Podręcznik szkoleniowy. 1953, s. 296, zł 19.50 (w oprawie)
- PFLIER P. M.: **Pomiary elektryczne wielkości mechanicznych.** Tłum. z niem. J. Plebański i K. Szpotarński. 1953, s. 264, zł 25.50 (w oprawie)
- PIERIEWAŁOW W. I.: **Technologia materiałów ogniotrwałych.** Tłum. z ros. zespół. 1953, s. 508, zł 52.— (w oprawie)
- ROŚCISZEWSKI S.: **Tymczasowe instalacje elektryczne w budownictwie.** 1953, s. 96, zł 6.40
- SACHAROW P. W.: **Technologia produkcji aparatów elektrycznych.** Tłum. z ros. zespół. 1953, s. 319, zł 19.10
- STRASZEWSKI A.: **Projektowanie urządzeń elektrycznych niskiego napięcia.** 1953, s. 307, zł 14.80. Zatwierdzono do użytku szkolnego przez CUSZ.
- SUREWICZ W., WINCZAKIEWICZ A.: **Metody badania papieru.** 1953, s. 86, zł 7.70
- SZACHRAJ M. Ł.: **Przodujące procesy technologiczne w przemyśle budowy maszyn.** Tłum. z ros. S. Tomaszewski. 1953, s. 184, zł 20.80
- TOLŁOCZKO B.: **Kotły parowe. Tom I. Zeszyt 4.** 1953, s. 93, zł 10.—
- Urządzanie terenów zielonych.** Praca zbiorowa. Instytut Urbanistyki i Architektury. 1953, s. 371, zł 54.— (w oprawie)
- WALENTYNOWICZ B., ŻMIGRODZKI W.: **Aparaty elektryczne niskiego napięcia.** Wyd. 2. 1953, s. 392, zł 13.—
- ZALESKI K., JAWORSKI F., KLECZKOWSKI Z.: **Beton strunowy.** 1953, s. 122, zł 8.20
- ZIĘBORAKOWA M.: **Zasady ochrony dróg oddechowych. Wiadomości ogólne.** 1953, s. 35, zł 2.20
- ZILICH-STIEGLER B.: **Zarys statyki wykreślnej i wytrzymałość materiałów.** Tłum. i uzupełnił z niem. W. Strzelecki. 1953, s. 237, zł 24.— (w oprawie)