

12715

PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY

ORGAN
MINISTERSTWA ENERGETYKI, MINISTERSTWA PRZEMYSŁU MASZYNOWEGO,
STOWARZYSZENIA ELEKTRYKÓW POLSKICH

ROK XXX

ZESZYT 7

21.VII.1954



W ciągu kilku zaledwie lat odbudowa-
liśmy kraj nasz z ruin tak potwornych, jakich
nigdy dzieje Polski nie znały. W ciągu kilku
następnych lat stworzyliśmy wielki, nowo-
czesny przemysł, który jest naszą chlubą. Po-
tężne huty, nowe kopalnie, olbrzymie zakłady
chemiczne, metalowe, energetyczne, wielkie
stocznie i porty, liczne fabryki, wyposażone
w najlepszą technikę — to niezawodna pod-
stawa dalszego rozwoju naszej gospodarki,
dalszego naszego marszu do socjalizmu, do
zamożności i trwałego dobrobytu.

B. BIERUT

SPIS RZECZY

22 lipca 1944 r. — 22 lipca 1954 r.
Andrzejewski S. i Skupin J. Nowoczesna elektrociepłownia przemysłowa
Heine A. Przystosowanie turbin kondensacyjnych do pracy ciepłowniczej
Telesiński J. Zabezpieczenia przekazywania energii w energetyce polskiej
Makowiecki A. Automatyka energetyczna w Polsce w r. 1953 i warunki jej dalszego rozwoju.
Plebański J. Potencjometryczne przetwornice częstotliwości („rotopoty“)
Łukomski H. O zmiennej oporności odgromników zaworowych
Ney W. Krajowy układ elektroenergetyczny
Grunwald Z. Napęd i sterowanie w osobowym transporcie pionowym
Lergetporer A. i Reich O. Schematy zastępcze części układu elektroenergetycznego do obliczania prądów zwarciowych na analizatorze prądu stałego
Biuletyn Instytutu Elektrotechniki
Introwizor — aparat rentgenowski do lokalizacji ciał obcych
Przegląd Dokumentacyjny Elektrotechniki

СОДЕРЖАНИЕ

22 июля 1944 г. — 22 июля 1954 г.
Андреевский С. Современная промышленная теплоэлектростанция.
Хейне А. Приспособление конденсаторных турбин для теплофикационных нужд
Телесинский Е. Релейная защита в польской электроэнергетике.
Маковецкий А. Энергетическая автоматика в Польше и условия ее дальнейшего развития.
Плебанский Ю. Потенциометрические преобразователи частоты (ротопоты).
Лукомский Х. Переменное сопротивление вентильных разрядников.
Нэй В. Государственная электроэнергетическая система.
Грунвальд З. Привод и управление в вертикальном транспорте людей.
Лергетпорер А., Рейх О. Схемы замещения части энергетической системы для расчета токов короткого замыкания с помощью анализатора постоянного тока.
Бюллетень Электротехнического Института:
Интровизор — рентгеновский аппарат для установления местонахождения постороннего тела
Библиографический Обзор Электротехники.

CONTENTS

July 22, 1944 — July 22, 1954
Andrzejewski S. Modern industrial combined electric power and heat plant
Heine A. Adaptation of condenser turbines for central heat supply service
Telesiński J. Relay protection in Polish electric power practice
Makowiecki A. Power automatics in Poland, in 1953, and conditions for further development
Plebański J. Potentiometric frequency changers („Rotopot“)
Łukomski H. Variable resistance of valve arresters
Ney W. National power system
Grunwald Z. Drives and control in passenger elevating devices
Lergetporer A., Reich O. Equivalent diagrams of part of an electric power system for computing, on a D. C. analyser, short-circuit currents
Bulletin of the Electrotechnical Institute:
„Introvvisor“ — X-ray apparatus for locating foreign bodies
Electrical Bibliographic Review

Korespondencyjne Kursy Przygotowawcze do egzaminu na tytuł inżyniera-elektryka (SEP)

Stowarzyszenie Elektryków Polskich organizuje V kolejny turnus rocznych Korespondencyjnych Kursów Przygotowawczych do egzaminu na tytuł inżyniera-elektryka następujących specjalności:

- 1) energetyka — elektrownie,
- 2) energetyka — sieci elektryczne,
- 3) przemysł elektrotechniczny,
- 4) instalacje elektryczne.

Celem kursów jest ułatwienie kandydatom, ubiegającym się o tytuł inżyniera na mocy Ustawy o stopniu inżyniera z dnia 28 stycznia 1948 r., ugruntowania wiadomości teoretycznych, innym zaś kursantom — wykazującym chęć fachowego dokształcania się tą drogą — podniesienia ich kwalifikacji zawodowych. Bliższe szczegóły o sposobie prowadzenia tych Kursów znajdują zainteresowani w „Wiadomościach Elektrotechnicznych”, 1954, z. 5, str. 98.

Początek V turnusu Kursów przewidziano na listopad r. b. Podania będą przyjmowane do końca września.

Informacji w sprawach formularzy zgłoszeń, wymaganych dokumentów, warunków uczęszczania na Kursy oraz programów udzielają wszystkie oddziały SEP oraz Sekretariat Generalny SEP, (Warszawa, ul. Czackiego 3/5).

PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY

ORGAN

MINISTERSTWA ENERGETYKI, MINISTERSTWA PRZEMYSŁU MASZYNOWEGO,
STOWARZYSZENIA ELEKTRYKÓW POLSKICH

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

Rok XXX

Warszawa, 21 lipca 1954 r.

Zeszyt 7

22 lipca 1944 r. — 22 lipca 1954 r.

10 lat temu na skrawku wyzwolonej ziemi polskiej został utworzony Polski Komitet Wyzwolenia Narodowego i proklamowany Manifest PKWN.

Był to zwrotny punkt w tysiącletniej historii narodu polskiego: po raz pierwszy władza w Polsce przeszła w ręce ludu pracującego. Od tego momentu rozpoczyna się rozwój rewolucji ludowo-demokratycznej i jej dalsze przekształcanie się w rewolucję socjalistyczną.

Wyzwolenie kraju — przez Armię Radziecką i walczące obok niej Wojsko Polskie — spod okupacji hitlerowskiej, przeprowadzenie reformy rolnej, upaństwowienie przemysłu — pozwoliły na szybką odbudowę ogromu zniszczeń, na likwidację bezrobocia i nędzy mas pracujących.

Wszystkie twórcze siły narodu polskiego zjednoczyły się dokoła programu walki z najeźdźcą, dokoła programu wyzwolenia od wyzysku ze strony rodzimych i obcych kapitalistów i obszarników, dokoła programu odbudowy i rozwoju gospodarki narodowej.

Obchodzimy radosny dzień proklamowania Manifestu PKWN jako święto narodowe, jako dzień Odrodzenia Polski, od tego bowiem dnia rozpoczął się historyczny proces przeobrażeń społecznych, który doprowadzi nas do socjalizmu.

W ostrej walce z siłami reakcji masy pracujące utrwaliły zdobycze demokratyczne narodu polskiego, jego prawo do wolności politycznej, kultury i dobrobytu. Walka ta nie była łatwa, wymagała bowiem wiele wysiłków i wiele ofiar. Również wielkich wysiłków wymaga budowa podstaw socjalizmu, podnoszenie poziomu materialnego i kulturalnego ludności.

Możemy jednak z dumą stwierdzić, że dotychczasowe wysiłki nie poszły na marne. Polska była słabym krajem rolniczym, obecnie jest silnym krajem przemysłowym o szybko rosnącym potencjale ekonomicznym i politycznym. Nasz rozwój umacnia siły światowego obozu socjalizmu i demokracji, a więc również utrwała pokój między narodami.

Energetycy polscy, jak cała ludność pracująca w Polsce, mogą z uczuciem zadowolenia i służebnej dumy spoglądać na dorobek swojej pracy w ciągu ubiegłych dziesięciu lat. Jeszcze w czasie działań wojennych — podczas wyzwalań ziem polskich przez Armię Radziecką i Wojsko Polskie — zaczął powstawać i kształtować się nowy przemysł energetyczny, przemysł służący do zaspokajania potrzeb społeczeństwa, kierowany przez państwo ludowe, rozwijający się dzięki ofiarnej pracy robotników, inżynierów i techników tego przemysłu.

W niesłychanie trudnych warunkach, często przy braku żywności, pracownicy elektrowni i sieci elektrycznych na drugi dzień po wyzwoleniu przystępowali do pracy, starając się możliwie szybko usuwać zniszczenia, dostarczać energii elektrycznej dla wojska, ludności i najbliższych zakładów przemysłowych. Dzięki takiej postawie klasy robotniczej stała się możliwa szybka odbudowa 120 MW zniszczonych elektrowni zawodowych — w Warszawie, Białymstoku, Przemyśle i innych miastach. Robotnicy, technicy, inżynierowie nie żałowali trudów, wiedzieli bowiem, że odbudowują zakłady dla siebie i dla całego narodu. Obecność Armii Radzieckiej dawała gwarancję pracującym, że obcy i rodzimi wyzyskiwacze nie zawładną rezultatami pełnej poświęceń pracy.

Odbudowa zburzonych elektrowni, usunięcie skutków rabunkowej eksploatacji zakładów, była dziełem szczególnie trudnym na Ziemiach Zachodnich dopiero wyzwolonych po wielowiekowym panowaniu tam najeźdźców.

Już w 1945 r. elektrownie zawodowe i przemysłowe dały około 85% przedwojennej produkcji, w następnym zaś roku produkcja energii znacznie przekroczyła poziom przedwojenny i od tego niestannie wzrasta z roku na rok.

W dniu 10-lecia istnienia Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej każdy z uczestników powojennej odbudowy zakładów elektro-

energetycznych widzi jasno, jaką ogromną rolę w dziele odbudowy odegrała słuszną polityka partii i rządu, polityka przyjaźni ze Związkiem Radzieckim i krajami demokracji ludowej, polityka zjednoczenia wszystkich sił narodu dokoła programu, wysuniętego przez Manifest Polskiego Komitetu Wyzwolenia Narodowego.

10 lat temu, zrywając na zawsze z kapitalizmem, zerwaliśmy w energetyce z przedwojennym systemem „uprawnień”, z systemem oddawania całych połaci kraju w ręce obcych i rodzimych koncesjonariuszów.

W warunkach polskich działalność 29 kapitalistycznych spółek akcyjnych, do których należała przeważająca część produkcji energii elektrycznej, zahamowała rozwój polskiej energetyki w okresie międzywojennego dwudziestolecia; w okresie od 1928 do 1939 r. produkcja energii elektrycznej wzrosła w Polsce zaledwie o 55%.

Kapitały obce — niemiecki, belgijski, angielski, francuski i inne, a także kapitał polski były nastawione na krótkotrwałą rabunkową eksploatację Polski, ponieważ nie były pewne swego panowania w kraju skłóconym ze swymi sąsiadami, podminowanym rewolucją socjalną, w kraju, w którym walka klasy robotniczej i chłopstwa przybierała coraz ostrzejsze formy.

Dla półkolonialnej polityki kapitału w spółkach elektryfikacyjnych w Polsce charakterystyczne były fakty łupiestwa, ujawnione np. w 1936 roku na procesie sądowym o koncesję warszawską, wytoczonym przez miasto francuskiej spółce akcyjnej. Spółka ta, założona w 1906 r., pobrała w formie zysków w okresie od 1918 do 1936 roku 96 mln. zł, gdy jej inwestycje wynosiły zaledwie 15 mln. zł, a więc w ciągu 18 lat zyski były 6-krotnie większe niż wkłady kapitałowe.

Zacofanie techniczne polskich elektrowni i sieci przed ostatnią wojną wynikało z całokształtu ówczesnych stosunków; w warunkach monopolu przy niskich płacach roboczych kapitaliści nie byli zainteresowani w podejmowaniu nowoczesnych inwestycji. Toteż byliśmy na jednym z ostatnich miejsc w Europie pod względem produkcji energii elektrycznej na jednego mieszkańca, pod względem gęstości sieci elektrycznej na 1 km², pod względem stopnia wyzyskania sił wodnych oraz innych wskaźników charakteryzujących stopień elektryfikacji kraju.

Po dziesięciu latach wytężonej pracy produkcja energii elektrycznej wzrosła przeszło czterokrotnie, gęstość sieci elektrycznych wysokiego i niskiego napięcia (w kilometrach linii na 1 km² powierzchni kraju) wzrosła w latach 1947—1950 o 60% z górą; w ostatnich latach roczny przyrost energii wynosi średnio 13%. Zużycie paliwa na 1 kWh będzie w roku 1954 o 20% mniejsze niż w 1950 roku; czas użytkowania mocy instalowanej jest przeszło dwukrotnie dłuższy niż w latach przedwojennych; przeciętna średnia moc na jedną elektrownię jest niemal dwukrotnie większa niż przed wojną.

Rozbudowano cały zespół przedsiębiorstw projektujących i budujących elektrownie i sieci elektryczne najwyższych napięć, gdy przed wojną w ogóle nie było krajowych przedsiębiorstw budownictwa energetycznego.

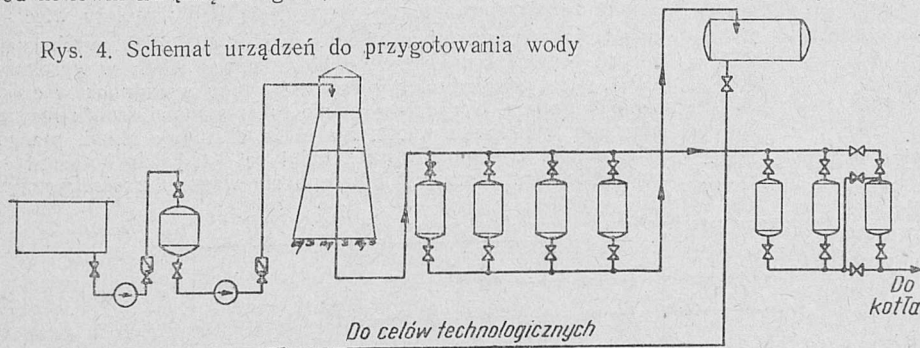
Korzystamy stale z przyjaznej braterskiej pomocy Związku Radzieckiego. Budujemy nowe wielkie elektrownie, wyposażone w wydajne i wysokosprawne maszyny i urządzenia radzieckie; przy ich budowie opieramy się na dokumentacji radzieckiej oraz pomocy techników i inżynierów radzieckich. Na tych budowach kształcą się nasze kadry budowniczych elektrowni, zastępy wysokokwalifikowanych monterów, techników i inżynierów.

Budowane obecnie potężna, największa w kraju, elektrownia w Jaworznie i pierwsza w Polsce elektrociepłownia na Żeraniu są wyrazem przodującej nowoczesnej techniki. W roku 1953 po raz pierwszy w naszej energetyce uruchomiono nowoczesne turbiny o mocy 50—55 MW. Szerogę rozbudowanych i nowo-
wznowionych elektrowni ma kotły o wydajności 125—130 t

Tak wielostronne zastosowanie mostu przeładunkowego usprawnia jego zainstalowanie mimo wysokiej ceny tego urządzenia (ok. miliona złotych).

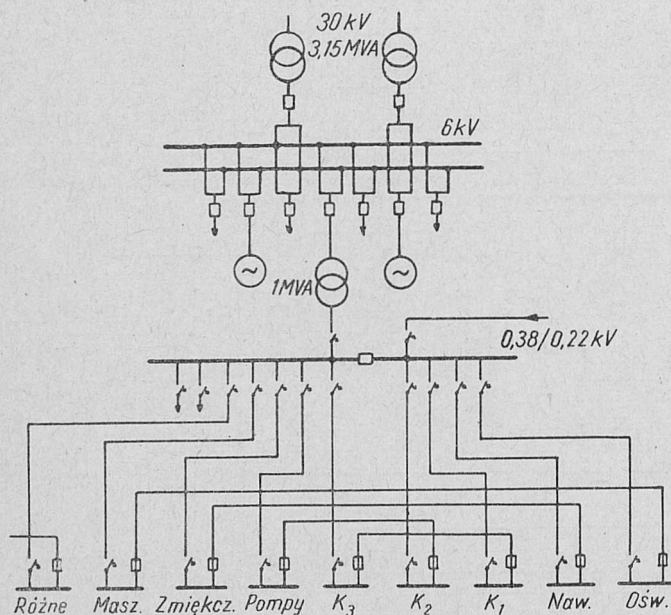
Wobec ciasnoty terenu nie pozwalającej na odsunięcie składu od kotłowni na taką odległość, która umożliwiałaby zastosowanie

Rys. 4. Schemat urządzeń do przygotowania wody



pochyłego przenośnika taśmowego, należało się uciec do podnośników kubelkowych. Węgiel z zasobnika podtorowego podaje się za pomocą dwóch krótkich taśm na podnośniki, które przenoszą go na górny poziom zasobników. Dwa poziome przenośniki taśmowe rozdzielają węgiel na poszczególne zasobniki nadkotłowe.

Każdy kocioł ma zasobnik o pojemności 125 m³, mieszczący 100 t węgla, co starcza na 19 godzin ruchu przy pełnym obciążeniu. Konieczność pozostawienia przed kotłami miejsca na wysuwanie rur sekcyjnych zmusiła do podniesienia zasobników znacznie wyżej niż tego wymaga ich pojemność. Przy zmianie konstrukcji kotłów z sekcyjnych na stromorurowe, co zostało już przez CBKK konstrukcyjnie rozwiązane, galerię zasobników będzie można w nowych elektrowniach poważnie obniżyć.



Rys. 5. Schemat elektryczny

Różne — różne potrzeby własne
Masz. — rozdzielnia potrzeb własnych maszynowni
Zmękc. — rozdzielnia nawęglalni
Pompy. — rozdzielnia pompowni
K₃ — rozdzielnia kotła 3
K₂ — " " 2
K₁ — " " 1
Naw. — rozdzielnia nawęglania
Ośw. — rozdzielnia oświetlenia elektrowni

6. Układ głównych rurociągów. W pierwszych stadiach dokumentacji zaprojektowano podwójne kolektory pary o ciśnieniu zarówno 25 ata, jak i 5 ata, a nawet na ssaniu pomp zasilających. Przy opracowaniu rysunków roboczych zaproponowano inwestorowi przejście na tańszy, prostszy, a nie mniej pewny układ jednego kolektora sekcjonowanego. Dzięki zrozumieniu inwestora udało się te zmiany wprowadzić, a więc osiągnąć poważne oszczędności na armaturze, kształtkach i rurach. Rys. 3 przedstawia schemat rurociągów głównych.

7. Przygotowanie wody. Urządzenia do przygotowania wody nie tylko służą do potrzeby elektrowni, ale także dostarczają wody do celów technologicznych zakładu.

Woda pobierana jest z pobliskiej rzeczki. Ma twardość ogólną od 5,6 do 6,4, twardość przemijającą od 2,5 do 3,6, a zawartość krzemionki od 5,6 do 6,4 mg/l.

Ze względu na niewielką twardość węglanową wody nie dekarbonizuje się, lecz po wstępnym usunięciu z niej zanieczyszczeń mechanicznych w osadnikach i filtrach zwirowych pompuje się ją do wieży ciśnień (rys. 4). Stamtąd wodę pobiera się do obiegu chłodzącego oraz do zmiękczalni znajdującej się w budynku głównym elektrociepłowni. Zmiękczenia daje 170 m³/h wody zmiękczanej kationitami; 4 filtry kationitowe dostarczają zakładowi 110 m³/h wody. Wodę dodatkową do obiegu kotłowego w ilości 60 m³/h przygotowuje oddzielny zespół trzech filtrów kationitowych. Dwa z nich pracują równolegle, trzeci jako buforowy, a w razie potrzeby stanowi rezerwę. Przed wejściem do obiegu kotłowego wodę ulepsza się fosforanem. Całą wodę zasilającą odgazowuje się we wspomnianych uprzednio odgazowyszach termicznych przy temperaturze 105°C.

Choć z pary oddawanej na zakład zaledwie 40 do 60% powraca w postaci skroplin, a zatem dodatek wody chemicznej przygotowanej do obiegu kotłowego jest bardzo duży, krzemionka nie sprawia kłopotu dzięki niskim parametrom pary. Przy zawartości SiO₂ w wodzie surowej 5,6 do 6,4 mg/l woda zasilająca może wykazywać do 4 mg SiO₂/l. Tak duża zawartość krzemionki przy ciśnieniu 40 atm zmuszałaby do odmulanie ok. 8%, aby nie przekroczyć dopuszczalnej dla tego ciśnienia zawartości 55 mg/l w wodzie kotłowej. Przy zastosowaniu w tym przypadku ciśnienia 25 atm krzemionka nie będzie miała wpływu na odmulanie.

8. Układ elektryczny. Obie prądnice są na napięcie 6 kV i są przyłączone bezpośrednio do szyn rozdzielni elektrociepłowni, która jest równocześnie główną rozdzielnią 6-kilowoltową zakładu. Jest ona sprzężona z siecią okręgową za pomocą 2 transformatorów na 6/30 kV o mocy po 3,15 MVA.

Potrzeby własne są wyłącznie niskiego napięcia i są zasilane przez transformator na 6/0,38/0,22 kV o mocy 1000 kVA. Rezerwowe zasilanie stanowi kabel łączący rozdzielnię potrzeb własnych z rozdzielnią niskiego napięcia sąsiedniego oddziału fabryki.

Do rozdzielni głównej potrzeb własnych przyłączone są bezpośrednio tylko silniki pomp zasilających, pozostałe silniki zasilają się z okapturzonych rozdzielni, a mianowicie rozdzielni takie mają: każdy kocioł, urządzenia pomocnicze turbin, zmiękczalnię, nawęglanie oraz oświetlenie (rys. 5).

9. Kompozycja budowlana. Budynek elektrociepłowni mieści zmiękczalnię, kotłownię, maszynownię, nastawnię i rozdzielnię oraz biura ruchowe i laboratoria.

Kotłownia, maszynownia i zmiękczalnia są wykonane w konstrukcji żelbetowej, natomiast niższe budynki — nastawnia i rozdzielnia — są murowane (rys. 6).

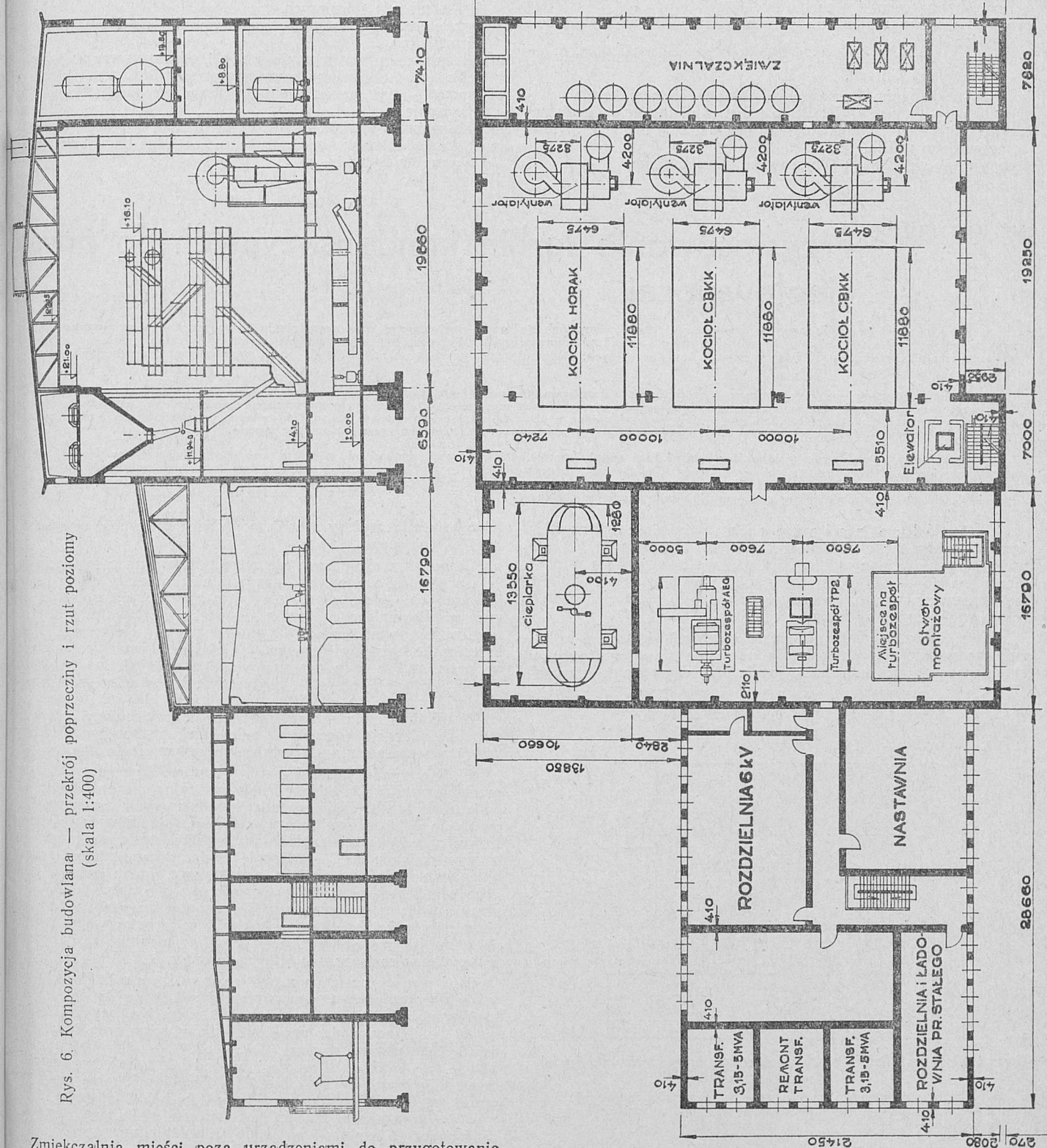
Budowlą najwyższą o największej kubaturze i rozpiętości hali jest kotłownia. Kotły ustawiono pomiędzy zmiękczalnią a galerią zasobników. Zarówno zmiękczalnia, mieszcząca na poziomie + 13,5 ciężkie zbiorniki wody zasilającej, jak i galeria zasobników z 3 zasobnikami po 100 t węgla o górnej krawędzi na poziomie + 21,0, są to ciężkie budynki żelbetowe wykonane w konstrukcji ramowej. Umieszczenie pomiędzy nimi kotłów pozwoliło dużo oszczędzić na kosztach budowy kotłowni, które ograniczyły się do kosztu lekkich, stalowych, kratowych dźwigarów dachowych, opartych z jednej strony na galerii zasobnikowej, z drugiej na zmiękczalni, oraz do obu ścian szczytowych.

Maszynownia jest dość szeroka, ponieważ zaprojektowano ją nim uzyskano wiążące dane co do wymiarów turbospołwów, a zwłaszcza miejsca potrzebnego na wyciągnięcie wirnika prądnicy. Z tego względu szerokość hali maszyn przyjęto z pewnym zapasem.

Cały budynek główny ma dwa wspólne poziomy: najniższy 0,0 zrównany z poziomem otaczającego terenu oraz poziom obsługi + 4,10 jednakowy dla kotłowni, maszynowni, nastawni, rozdzielni i zmiękczalni.

Ustawienie kotłów zasobnikami frontem do maszynowni pozwoliłoby na ograniczenie obsługi, gdyby nie konserwatywne przepisy UDT, nakazujące budowę ścian pomiędzy kotłownią a wszelkimi sąsiednimi pomieszczeniami. Przepisy te, datujące się z czasów, kiedy należało liczyć się z eksplozją kotłów, są obecnie mało uzasadnione i za granicą powszechnie buduje się elektrownie bez żadnych ścian działowych pomiędzy kotłownią i maszynownią.

Rys. 6. Kompozycja budowlana — przekrój poprzeczny i rzut poziomy (skala 1:400)



Zmiękczalnia mieści poza urządzeniami do przygotowania wody zbiorniki wody zasilającej, pompy zasilające, a ponadto biura ruchowe, laboratoria i pomieszczenia sanitarne dla obsługi.

Dane charakterystyczne poszczególnych budowli są następujące:

Budowla	Kubatura (m ³)	Powierzchnia zabudowy (m ²)	Uwagi
Kotłownia	24 000	930	żelbet, dach stalowy
Maszynownia	9 600	635	żelbet, 2 kondygnacje
Zmiękczalnia	7 200	300	żelbet, 3 kondygnacje
Rozdzielnia na 6 kV i nastawnia	4 400	420	mur, 2 kondygnacje

Całość budynku stanowi zwarty blok o jasnym, logicznym planie, ułatwiającym komunikację wewnątrz elektrociepłowni. Niezabudowane ściany szczytowe ułatwiają rozbudowę. Z zewnątrz budynek elektrociepłowni stanowi zwarty zespół brył, przedstawiający harmonijną całość architektoniczną.

10. Wykonawcy dokumentacji technicznej i urządzeń. Ponieważ, jak wspomniano, opisana elektrociepłownia stanowi prawdopodobnie pierwszą w kraju siłownię zaprojektowaną i wykonaną z urządzeń krajowej produkcji, warto podać tu wykaz wykonawców dokumentacji i urządzeń: projekt całości (biuro kierownicze): Stalagrodzkie biuro projektów siłowni ciepłych,

projekt rozdzielnii głównej i nastawni: katedra urządzeń elektrycznych Politechniki Wrocławskiej,
projekt budowlany: Gliwickie biuro projektów budownictwa przemysłowego,
kotły — konstrukcja: Centralne biuro konstrukcji kotłowych w Tarnowskich Górach,
kotły — wykonanie: Sosnowieckie zakłady budowy kotłów,
turbozespoł — konstrukcja: Biuro konstrukcji turbin w Gdańsku,
turbozespoł — wykonanie: Zakłady mechaniczne im. gen. Świerczewskiego w Elblągu,
pompa wody chłodzącej: Warszawska fabryka pomp,

pompy zasilające: Świdnicka fabryka pomp oraz Zabrzeńska fabryka maszyn górniczych,
pozostałe mniejsze pompy: Pomorska odlewnia i emaliernia w Grudziądzu,
urządzenia do przygotowania wody i odgazowywacze: — projekt: ZUM, obecnie pracownia wodna SBPSC w Bielsku,
to samo — wykonanie: Zakłady urządzeń mechanicznych w Pszczynie,
przenośniki nawęglania: Mikołowskie zakłady budowy maszyn,
most przeładunkowy: — konstrukcja: Centralne biuro konstrukcji maszyn w Bydgoszczy.

INŽ. ADAM HEINE

Przystosowanie turbin kondensacyjnych do pracy ciepłowniczej

621.165:165.423.4:662.9

Treść. Cel i sposób przystosowania turbin kondensacyjnych do pracy ciepłowniczej oraz zagadnienie dotyczące zmian w procesie ciepłym wewnątrz turbiny. Konieczne przeróbki turbiny i urządzeń pomocniczych. Wyzyskanie przebudowanych turbin w okresach małego zapotrzebowania ciepła. Budowa upustów w turbinach kondensacyjnych. Doświadczenie nasze w okresie 1949-50 r. w projektowaniu, przebudowie i eksploatacji turbin przystosowanych.

Приспособление конденсаторных турбин для теплофикационных нужд. Цель и способ приспособления конденсаторных турбин для работы в теплофикационной установке и вопросы, связанные с изменением термического процесса внутри турбины. Необходимая переделка турбины и вспомогательных устройств. Использование перестроенных турбин в периоды малого потребления тепла. Пароотборные устройства в конденсаторных турбинах. Наши опыты в период 1945—50 гг. по проектированию, перестройке и эксплуатации приспособленных турбин.

Adaptation of condenser turbines for central heat supply service. Purpose and method of adapting condenser turbines for central heat supply service, and the problem of changes in the thermal process within the turbine. Essential modifications to turbine and auxiliary equipment. Utilisation of modified turbines during low heat consumption periods. Condenser turbine tappings. Experience gained in Poland over 1949 — 1950 in designing, modifying and operating such converted turbines.

1. **O g ó ł n e z a ł o ż e n i a.** Sprawność ogólna większości zakładów elektroenergetycznych, budowanych u nas w okresie przedwojennym, jest bardzo niska i zawiera się w granicach ok. 15 — 20%; zaledwie kilka nowoczesnych zakładów ma sprawność wyższą, natomiast spotyka się małe elektrownie o sprawności zaledwie kilku procentów.

Nawet pobieżna analiza bilansów cieplnych elektrowni wykazuje, że największe straty ciepła powoduje skraplanie pary w skraplaczach turbin kondensacyjnych, przy czym ciepło przecho-

jektowane w powyższy sposób mogą mieć sprawność ogólną rzędu 75% lub wyżej.

Gospodarka skojarzona nie tylko pozwala na osiągnięcie dużej sprawności w nowych — specjalnie do takiej pracy zaprojektowanych — zakładach, ale także przez przystosowanie starych nieekonomicznych turbin do pracy cieplowniczej stwarza możliwości podniesienia sprawności starych elektrowni. Przekształcenie starych elektrowni w elektrociepłownie jest ułatwione przez to, że były one budowane przeważnie na przedmieściach, a więc są korzystnie usytuowane w stosunku do odbiorów ciepła.

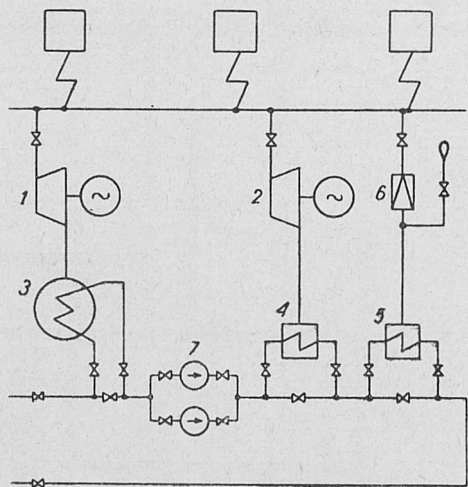
W tej dziedzinie szczególnie dużo skorzystaliśmy z bogatego doświadczenia energetyki radzieckiej, z której czerpaliliśmy wzory przekształcenia starych elektrowni w ciepłownię.

2. Rozwiązanie typowe. Typowe rozwiązanie przebudowy starej elektrowni kondensacyjnej na ciepłownię jest podane na rys. 1. Jako czynnik pośredniczący w przekazywaniu ciepła do odbiorcy wybrano wodę. Woda dopływająca do elektrowni przepływa przez skraplacz turbin, gdzie podgrzewa się w granicach ok. 200°C. Następnie woda, tłoczona przez pompy, przepływa przez wymiennik podstawowy, który pobiera parę z turbiny przeciwnieprężnej i podgrzewa wodę o dalszych 200. Następnie woda przepływa przez wymiennik szczytowy, który pobiera parę z kotłów przez reduktor i podgrzewa wodę w razie potrzeby jeszcze o 200°C. Ten drugi wymiennik jest używany wyłącznie w razie bardzo silnych mrozów.

3. Inne warianty rozwiązań. Podany wyżej schemat typowy można zmieniać stosownie do potrzeb odbiorców lub lokalnych warunków elektrywnych. Na przykład 3-stopniowy podgrzew wody może być dokonywany przy innym podziale temperatur: zamiast $200^{\circ} + 200^{\circ} + 200^{\circ}$ można obrać $200^{\circ} + 180^{\circ} + 220^{\circ}$ lub jeszcze inny podział, a końcowa temperatura wody może być 130° lub 150° . Względny lokalne mogą rzucić np. podgrzew dwustopniowy lub jednostopniowy. Elektrownia warszawska ma po zakończeniu rozbudowy urządzeń ciepłowniczych podgrzewać wodę w następujący sposób: o 160° w pierwszej turbinie kondensacyjnej, o 140° w drugiej turbinie, o 200° w wymiennikach podstawowych i o 320° w wymienniku szczytowym, a więc schemat przyjęty dla tej elektrowni znacznie odbiega od typowego.

4. Turbina „z pogorszoną próżnią”. Najpoważniejszym zagadnieniem technicznym w rozwiązaniu typowym jest praca turbiny kondensacyjnej włączonej w schemat ciepłowniczy. Turbiny używane do tego celu mają za sobą zazwyczaj około 20 lat pracy; ciśnienie wynosi od 11 do 20 atm, moc od 1 do 10 MW, próżnia 95 do 92%.

Zmiana warunków pracy turbiny włączonej do sieci ciepłowniczej według schematu podanego na rys. 1 lub podobnego polega na tym, że woda chłodząca skraplacz musi mieć ze względu na potrzeby odbiorcy temperaturę zmienną, np. od 40 do 70°C.



Rys. 1. Przekształcenie starej elektrowni kondensacyjnej na elektrociepłownię

- | | |
|---------------------------|--------------------------|
| 1 — turbina kondensacyjna | 4 — wymiennik podstawowy |
| 2 — turbina przeciwpiętna | 5 — wymiennik szczytowy |
| 3 — skraplacz | 6 — reduktor |
| | 7 — pompy obiegowe |

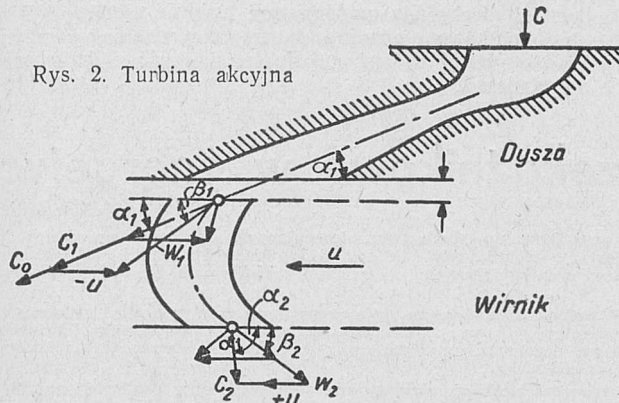
dzące do wody chłodzącej jest rozpraszane przy pomocy chłodzi kominowych lub w inny sposób. Straty powstające tą drogą przekraczają zazwyczaj połowę ciepła zawartego w paliwie zużywanym przez elektrownie.

W nowoczesnych zakładach, w celu podniesienia sprawności, stosuje się wysokie parametry pary i regeneracyjne podgrzewanie wody zasilającej. Największe oszczędności ciepła osiąga się przez stosowanie gospodarki skojarzonej, polegającej na równoczesnej produkcji energii cieplnej i elektrycznej. W zakładach takich para oddaje część energii w turbinach przeciwpłynnych lub upustowych, a resztę oddaje bądź bezpośrednio do celów przemysłowych (para technologiczna), bądź też (zazwyczaj za pośrednictwem wody) do ogrzewania mieszkań, biur, zakładów przemysłowych itp. Zakłady elektroenergetyczne pro-

a więc wyższą od zwykłej temperatury wody chłodzącej (15 do 30°C). Podobnie woda na odpływie ze skraplacza ma przy pracy ciepłowniczej temperaturę od 50 do 90°C. Oczywiście, przy tak wysokiej temperaturze wody chłodzącej utrzymanie normalnej próżni nie jest możliwe: osiągalna próżnia w najtrudniejszym wypadku (temperatura wody chłodzącej na odpływie 90°C) da się utrzymać w granicach co najwyżej 10% (0,9 at). Tak znaczne podniesienie przeciwności w turbinie powoduje szereg zmian w jej pracy.

a) **Sprawność wewnętrzna** turbiny spadnie znacznie, w warunkach normalnej pracy turbiny akcyjnej para wypływa z dysz lub kierownic z prędkością c_1 pod kątem α_1 (rys. 2); następnie para dostaje się na łopatki wirnika, wirujące z prędkością ω ; prędkość względną w_1 tworzy z kierunkiem wirowania kąt β_1 . Kąt ten jest uwzględniony przy kształtowaniu łopatki tak, że para dostaje się na łopatkę stycznie do jej

Rys. 2. Turbina akcyjna



krawędzi. Na łopatkę para zmienia kierunek i zbliża się do wylotu z prędkością w_2 . Przy wylocie odejmuje się od niej prędkość ruchu łopatki u , para więc opuszcza łopatki z prędkością c_2 pod kątem β_2 , który jest uwzględniony w konstrukcji łopatek.

Jeżeli wzrośnie przeciwność, to zmniejszy się prędkość c_1 , a więc zmniejszą się również prędkości w_1 i w_2 i jednocześnie zmieniają się kąty β_1 i β_2 , wtedy para nie dostaje się na łopatki stycznie do krawędzi wlotowej i nie wypływa stycznie do krawędzi wylotowej. Powoduje to straty tym większe, im mniejsza jest prędkość początkowa c_1 .

W poszczególnych stopniach turbiny może zająć takie zjawisko, że para wydostaje się z kierownicy z prędkością mniejszą od prędkości wirowania łopatek u . Wtedy para nie tylko nie może oddać swojej energii łopatom, lecz, przeciwnie, pobiera energię mechaniczną od wirującego koła i zamienia ją na ciepło.

Stratę energii koła łopatkowego próbowano obliczyć z dość dobrymi wynikami przy pomocy następującego rachunku. Przyjmuje się, że prędkość wylotowa pary jest tak mała, że można ją uznać za równą zeru. Moc potrzebną do obracania koła łopatkowego w atmosferze pary wodnej (nieruchomej) oblicza się na podstawie empirycznego wzoru Stodoli (w kilowatach):

$$P_w = 0,73 D \left(\frac{u}{100} \right)^3 \gamma \sqrt{l} \text{ dla pary przegrzanej,}$$

$$P_w = 0,85 D \left(\frac{u}{100} \right)^3 \gamma \sqrt{l} \text{ dla pary nasyconej,}$$

gdzie D — średnica koła łopatkowego (m),
 u — prędkość unoszenia łopatek (m/s),
 γ — ciężar właściwy pary (kg/m^3),
 l — długość łopatki (mm).

Jeżeli prędkość c_1 nie jest równa zeru, strata będzie mniejsza. Można wtedy do wzoru Stodoli zamiast u wprowadzić $u - \cos \alpha_1$ tj. różnicę między prędkością unoszenia a składową obwodową prędkości pary.

Obliczona w powyższy sposób moc pobierana przez koło łopatkowe może być już łatwo przeliczona na straty ciepła. Prędkości c_1 i w_2 można najłatwiej obliczyć z równania ciągłości strugi:

$$c = \frac{Gv''}{F} \text{ (m/s),}$$

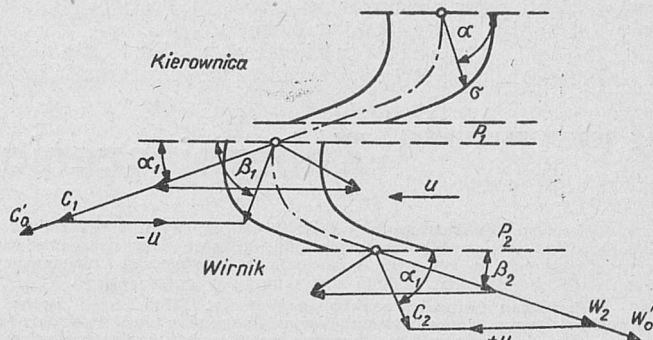
gdzie G — ilość pary (kg/s),
 F — przekrój kanału (m^2),
 v'' — objętość właściwa pary (m^3/kg).

Straty spowodowane przez stopnie hamujące mogą być tak znaczne, że para na wylocie z turbiny może być przegrzana. Przegrzanie to będzie największe przy biegu luzem turbiny i może poważnie przeszkadzać w jej uruchomieniu.

Rozumowania powyższe mogą być z małymi zmianami zastosowane do turbin reakcyjnych (rys. 3).

b) **Moc turbiny** pracującej przy próżni 0,9 at może wynosić 50 do 65% mocy osiąganey przy próżni 95%. Moc ta może być większa, jeżeli turbina ma zawory przeciążeniowe i będą usunięte stopnie hamujące.

5. **Przebudowa turbin.** a) Spadek sprawności wewnętrznej i mocy turbin można zmniejszyć przez odpowiednie przeróbki układu łopatkowego. Nawet jeżeli cały układ łopatkowy nadaje się jeszcze do pracy, należy przeanalizować ewentualne usunięcie rzędów, które powodują największe straty mocy. W jed-



Rys. 3. Turbina reakcyjna

nym przypadku stwierdzono doświadczalnie, że turbina z pogorszoną próżnią po usunięciu 10 z ogólnej liczby 41 wieńców łopatkowych osiągnęła moc 62,5% mocy przy pracy kondensacyjnej. Przy pełnym łopatkowaniu osiągnano tylko 45% mocy. W innym przypadku usunięcie jednego koła łopatkowego w turbinie o 7 stopniach ma według obliczeń spowodować wzrost mocy o ok. 0,5 MW. Widać stąd, że usunięcie kół hamujących ma decydujący wpływ na pracę turbin ciepłowniczych.

Usuwanie kół, należy jednak przeanalizować pracę turbiny w okresie letnim, przy małych mrozach i w innych warunkach i usuwać taką liczbę kół, jaka daje najlepszy wynik ekonomiczny.

b) Praca turbiny z pogorszoną próżnią może wymagać, zwłaszcza przy biegu luzem i małych obciążeniach, obniżenia temperatury pary dolotowej dla zmniejszenia jej przegrzania. Regulator temperatury pary jest łatwy do wykonania; praca jego polega na wtyskiwaniu wody zasilającej do pary przed turbiną.

c) Przystosowanie turbiny do pracy ciepłowniczej może wymagać zmiany wyposażenia turbiny (pompy skroplinowe, smoczki próżniowe, aparatura pomiarowa i inne).

6. **Praca przebudowanych turbin przy braku odbioru ciepła.** Problem wyzyskania turbin przebudowanych do celów ciepłowniczych w okresach letnich może być rozwiązany w różny sposób.

Turbiny mogą być na okres letni wyłączane z ruchu. Możliwe to jest jednak tylko wtedy, kiedy rezerwy mocy pozwalają na zrezygnowanie w lecie z mocy turbin z pogorszoną próżnią.

Można korzystać w okresie letnim z samych prądnic do wytwarzania mocy biernej (po odłączeniu turbin); jest to jednak rozwiązanie połowiczne.

Można budować sieć ciepłą w ten sposób, że pewną część odbiorów (np. woda gorąca do potrzeb przemysłu i gospodarstwa domowego) jest czynna także latem. Jeżeli wystarczy do pokrycia tego okresowa praca turbin ciepłowniczych, to w zależności od tego, czy elektrownia odczuwa brak mocy w kotłach, czy w turbinach, maszyny ciepłownicze można uruchamiać, bądź w dolinach obciążenia elektrycznych, bądź też w szczytach, wykorzystując pojemność cieplną sieci wodnej.

Można także zaprojektować przełączenie na okres letni (lub szczytów elektrycznych letnich) chłodzenie skraplaczy maszyn ciepłowniczych i wykorzystywać turbiny okresowo, jako kondensacyjne. Autor opracował i wypróbował z dobrym skutkiem nowe rozwiązanie tego problemu w następujący sposób. Do przestrzeni parowej skraplacza turbiny przebudowanej doprowadza się skropliny z pozostałych turbin kondensacyjnych elektrowni. Skropliny te chłodzą parę wylotową sposobem na-

tryskowym, a przy dostatecznej ilości tych skroplin (ok. 10-krotnej ilości pary z turbiny przebudowanej) turbina może pracować z taką samą mocą i sprawnością, jak w okresie zimowym. W pewnych okolicznościach można będzie takie rozwiązanie zastosować w elektrowniach, w których nie ma warunków do oddawania ciepła na zewnątrz.

7. Budowa upustów. W niektórych turbinach kondensacyjnych istnieją możliwości stosowania upustów pary. Możliwości poboru międzystopniowego pary mogą być niekiedy tak znaczne, że można na nich oprzeć poprawę sprawności całej elektrowni. Przykład: turbina AEG o mocy 6,3 MW miała pierwotnie wylot pary z turbinki pomocniczej przeciwprężnej do komory I stopnia turbiny głównej. Przez prostą przeróbkę rurociągów turbina główna zaczęła pracować jako upustowa, przy czym parę używano do pokrycia potrzeb własnych zakładu.

Podobna turbina o mocy nieco większej po dokonaniu analitycznych przeróbek ma być wyzyskana do pokrycia zapotrzebowania ciepła przez odbiorców zewnętrznych. Schemat projektowany jest bardzo prosty i tani w budowie.

8. Doświadczenia ubiegłych lat. Do niedawna parowało w energetyce przeświadczenie, że sprawność turbi-

ny może być co najwyżej taka, jaką gwarantował dostawca. Problem zwiększenia sprawności powyżej gwarancji nie istniał. Postawienie zagadnienia turbin „z pogorszoną próżnią” przez ekspertów radzieckich w r. 1949 otworzyło nową drogę dla starych zakładów energetycznych.

Modernizacja turbin powoli zdobywała sobie u nas zrozumienie i uznanie. Już w r. 1950 wykonano pierwsze obliczenia i próby. Próby i prace projektowe trwały w latach 1951 i 1952. W roku 1953 przekazano do ruchu turbinę AEG z dobudowanym upustem, a wkrótce po niej turbinę BBC z pogorszoną próżnią. Praca obu maszyn była prawidłowa przez cały szczyt zimowy 1953/54 roku. Druga z wymienionych turbin wyprodukowała 8,5 mln. kWh, pierwsza — 18,7 mln. kWh, w czym 1,87 mln. kWh na parze upustowej. Wykazano więc, że turbiny zmodernizowane mogą prawidłowo pracować.

Skutek gospodarczy jest jeszcze niewielki, ale doświadczenie jest cenne. Dzięki dodatnim doświadczeniom przełamano uprzedzenia i niechęć do modernizacji turbin i udowodniono, że jest ona stosunkowo nietrudna do przeprowadzenia, a przynosi poważne korzyści. I to jest największa korzyść z dotychczasowych doświadczeń.

INŻ. JERZY TELESŃSKI

Zabezpieczenia przekątnikowe w energetyce

621.316.925..31"(438)

Treść. Podsumowano wyniki 10-letniej pracy przekątnikowców przy organizowaniu służb zabezpieczeniowych, szkolenia nowych kadr, laboratoriów, zaopatrzenia w przekątniki, a także przy opracowywaniu dokumentacji technicznych. Przedstawiono rozwój technik zabezpieczeń przekątnikowych, z bliskim omówieniem zabezpieczeń podstawowych urządzeń energetycznych (prądnic, transformatorów, linii, silników i szyn zbiorczych) oraz podano wytyczne prac na przyszłość.

Релейная защита в электроэнергетике. Подведены итоги 10-летней работы специалистов по организации служб релейной защиты, подготовки новых кадров, организации лабораторий и снабжения релейным оборудованием, а также по вопросам технической документации. Представлено развитие техники релейной защиты с обращением особого внимания на защиту основных устройств электроэнергетики (генераторов, трансформаторов, линий, двигателей, сборительных шин). Намечены указания для будущих работ.

Relay protection in electric power practice. Summary of results of 10 years of work of relay engineers in organising protection services, training of new cadres, laboratory service, supply of relays, together with compilation of technical documentation. The author describes the evolution in relay protection technique, and deals in a detailed manner with protective devices for essential power equipment (generators, transformers, transmission lines, motors and bus-bars). Outlines for future work.

1. Wstęp.

Okres dziesięciu lat od 22 lipca 1944 roku, daty wyzolenia narodowego, był okresem, w którym opanowano w energetyce polskiej technikę zabezpieczeń przekątnikowych, wyrównano większość zaległości, spowodowanych kapitalistyczną gospodarką, oraz utworzono silną podbudowę, na której obecnie opiera się wprowadzanie nowoczesnych zabezpieczeń w nowopowstających obiektach energetycznych oraz modernizacja starych zabezpieczeń.

Mimo dużych braków w materiałach, jak i w kadrach, dzięki entuzjazmowi i poświęceniu pracowników energetyki utworzono silne obecnie już kadry specjalistów z tej dziedziny, które — realizując wytyczne planu 6-letniego — przyczyniają się do zagwarantowania ciągłości dostawy energii elektrycznej oraz skutecznego zabezpieczenia urządzeń energetycznych.

Rozwój energetyki, powstawanie wielkich obiektów energetycznych — elektrowniowych i sieciowych — nakłada wciąż nowe obowiązki na przekątnikowców polegające na odpowiednim zabezpieczeniu kosztownych urządzeń. Zabezpieczenia powinny być wykonane w sposób gwarantujący pewne, szybkie, czułe i wybiórcze ich działanie. Dążeniem obecnym jest wykonywanie jak najprostszych układów zabezpieczeń przekątnikowych, składających się z jak najmniejszej ilości przekątników. Przez proste układy uzyskujemy łatwiejszy ich montaż, a w dalszej przyszłości eksploatację. Korzystając z doświadczenia przodującej energetyki radzieckiej, wprowadzamy do eksploatacji nowe — wypróbowane — układy zabezpieczeń przekątnikowych oraz modernizujemy stare i w ten sposób szybko nadrabiamy swoje zaległości.

Obecny rozwój techniki zabezpieczeń jest ściśle uzależniony nie tylko od rodzaju elementów wchodzących w skład urządzeń energetycznych, jak np. wyłączniki, przekładniki prądowe i napięciowe, ale również od łączności, ponieważ szereg nowoczesnych zabezpieczeń przekątnikowych pracuje na wysokiej częstotliwości lub korzysta z przewodów pilotowych telefonicznych. Najsilniejsze powiązanie współczesnej techniki zabezpieczeniowej występuje w automatyce elektroenergetycznej, gdzie niejednokrotnie dzięki temu powiązaniu można uzyskać znacznie lepsze wyniki pracy zabezpieczeniowej przekątników i usunąć częściowo lub całkowicie braki w tej pracy, a nawet uprościć układy zabezpieczeń.

2. Kadry.

Podstawowym zagadnieniem w zakresie kadr było zorganizowanie służb zabezpieczeniowych i przeszkolenie odpowiedniej liczby inżynierów, techników i monterów. W roku 1945 nie było

jeszcze wydzielonych służb przekątnikowych w energetyce. Prace zabezpieczeniowe prowadzono na ogół dorywczo i to tylko w ważniejszych urządzeniach elektrycznych. Przy pracach tych było zatrudnionych około 50 inżynierów, techników i monterów.

W latach 1946 — 1948 prace przy zabezpieczeniach prowadzono systematycznie, lecz nie obejmowały one wszystkich zabezpieczeń dla braku odpowiedniej liczby fachowców z tej dziedziny, braku odpowiedniej aparatury pomiarowej oraz laboratoriów. W roku 1948 zorganizowano 3-miesięczny kurs przekątnikowy dla techników w Nysie, a od roku 1950 są systematycznie organizowane ogólnopanstwowe 3-miesięczne kursy przekątnikowe dla techników z energetyki zawodowej i przemysłu, dające średnio rocznie 35 przekątnikowców. Ogółem przeszkolono na kursach ogólnopanstwowych 176 techników. W roku 1950 zorganizowano ponadto kurs dla monterów przekątnikowców, który ukończyło 38 osób. W następnych latach szkolenie monterów odbywało się na kursach organizowanych w poszczególnych ZEO.

Stan zatrudnienia w służbach zabezpieczeń w całej energetyce zawodowej wynosił w końcu 1953 r. 575 inżynierów, techników i monterów. Jednakże i przy tym stanie zatrudnienia zagadnienie braku kadr w służbach zabezpieczeń było nadal palące, choć w różnym stopniu w poszczególnych ZEO.

W celu szybszego uzupełnienia kadr przekątnikowców, a w szczególności uzyskania specjalistów projektantów z tej dziedziny i monterów obwodów wtórnych, oraz wobec obejmowania przez służby przekątnikowe również eksploatacji aparatury pomiarowej dla uzyskania zegarmistrzów przekątnikowych i aparatury pomiarowej zaplanowano na rok 1954 cztery kursy, z których dwa są już na ukończeniu.

Wobec dużego znaczenia zabezpieczeń przekątnikowych otwarto w roku 1952 w technikum energetycznym w Warszawie wydział zabezpieczeń przekątnikowych, automatyki i miernictwa. Również w niektórych politechnikach kształcą się studenci wydziału elektrycznego w specjalności techniki zabezpieczeń i rozrządu. Ponadto utworzono w instytucie elektrotechniki i energetyki odpowiednie pracownie.

3. Laboratoria.

Ściśle związane z zagadnieniem kadr było zorganizowanie laboratoriów zabezpieczeń i automatyki przy służbach okręgowych, w zakładach sieciowych i elektrowniach oraz wyposażenie ich w odpowiedni sprzęt. W roku 1945 istniały 3 laboratoria. Do roku 1949 korzystano z pomocy laboratoriów licznikowych. Od 1945 r. do 1954 r. powstały 3 nowe duże laboratoria przy służbach okręgowych oraz mniejsze w większości zakładów sieciowych oraz w wydzielonych elektrowniach. W jednej ze służb

okręgowych uruchomiono przewoźne laboratorium — warsztat zmontowane w samochodzie. Jednak stan ten jeszcze nie jest zadowalający, ponieważ dwie służby okręgowe w zasadzie nie mają laboratoriów, szereg laboratoriów w zakładach sieciowych i elektrowniach jest nieodpowiednio wyposażony w sprzęt oraz daje się odczuwać dotkliwy brak przewoźnych laboratoriów i warsztatów.

W najbliższych dwu latach stan powyższy ulegnie poprawie, ponieważ służby otrzymają odpowiednie lokale na laboratoria i zamówiono już brakujący sprzęt.

4. Sprzęt.

Dalszym zagadnieniem było zagwarantowanie dostawy odpowiedniego sprzętu oraz zorganizowanie krajowej produkcji przekąźników nie tylko w przemyśle, lecz również w laboratoriach przekąźnikowych energetycznych, w laboratoriach zakładów naukowo-badawczych oraz Instytutu Elektrotechniki.

Jeżeli przyjąć liczbę nowozainstalowanych w roku 1953 przekąźników za 100% to następujące zestawienie daje obraz zapotrzebowania przekąźników zarówno wstecz (1950 r.), jak i przyszłego według przewidywań w przyszłych latach:

1950	60%	1959	105%
1953	100%	1960	100%
1956	120%		

Liczyby te wskazują, że od 1956 roku — tj. po zakończeniu uzupełnienia braków, wymiany przestarzałych przekąźników oraz modernizacji — zapotrzebowanie przekąźników będzie stopniowo malało pomimo dużego zapotrzebowania ich do nowych inwestycji.

Jednakże obecnego stanu rzeczy w dziedzinie przekąźnikowej nie można uznać za zadowalający. Produkcja przekąźników w przemyśle nie nadąża za stale narastającymi potrzebami nie tylko pod względem skali produkcji i różnorodności rodzajów, lecz również pod względem jakości produkowanego sprzętu. Z zainstalowanych w 1953 r. przekąźników zaledwie ~ 20% pokryto z produkcji krajowej, reszta pochodziła z importu. Należy z naciskiem podkreślić w stosunku do krajowej produkcji przekąźników, że energetyce zależy przede wszystkim na podniesieniu jakości obecnie produkowanych przekąźników, a na drugim miejscu jest sprawa rozszerzenia liczby produkowanych rodzajów. Uzależnienie się od importu — w początkach nawet bardzo wielu typów i to sprowadzanych z różnych państw — doprowadziło do dużych trudności przy projektowaniu układów zabezpieczeniowych, ich montażu oraz eksploatacji. Obecnie, dzięki ścisłej współpracy z krajami demokracji ludowej, jest możliwe ograniczenie liczby typów importowanych, co niewątpliwie przyczyni się do szerszego wprowadzenia typów w użyciu do w zabezpieczeń. Sprawa krajowej produkcji przede wszystkim podstawowych przekąźników, a w dalszej przyszłości całkowite zaspokojenie potrzeb przez przemysł krajowy powinna znaleźć pełne zrozumienie w przemyśle. Jedynie opieranie się na krajowej produkcji przekąźników pozwoli na racjonalne prowadzenie prac w tej dziedzinie.

Równoległe z rozwojem produkcji przekąźników w przemyśle należy prowadzić małoseryjną produkcję przekąźników w laboratoriach energetyki oraz budowę prototypów nowych przekąźników i modernizacji starych przekąźników. Dużą pomoc w tej dziedzinie otrzymuje i powinna otrzymywać w dalszej przyszłości energetyka ze strony zakładów naukowo-badawczych oraz instytutów naukowych. Ścisła współpraca z naukowcami umożliwia dobór odpowiednich przekąźników, analizę ich pracy oraz modernizację.

5. Dokumentacja techniczna.

Brak odpowiedniej liczby projektantów specjalistów z dziedziny zabezpieczeń przekąźnikowych oraz zbyt wolno narastające kadry spowodowały znaczne luki w dokumentacji nowopowstających obiektów (niejednokrotnie brak aktualnej dokumentacji w dniu oddawania urządzeń do eksploatacji) oraz niską jakość wykonywanych projektów. Obecnie sytuacja uległa poprawie, utworzono bowiem specjalne komórki zabezpieczeń przekąźnikowych i automatyki w biurach projektów energetycznych.

Dokumentacja techniczna specjalnie w dziedzinie zabezpieczeń odgrywa decydującą rolę, bez niej bowiem niemożliwe jest niejednokrotnie zmontowanie skomplikowanych układów zabezpieczeniowych, sprawdzenie ich wykonania oraz prowadzenie eksploatacji.

Odpowiednia dokumentacja i opracowanie typowych układów zabezpieczeniowych przyczyni się niewątpliwie do skrócenia czasu montażu układów i uniknięcia błędów oraz do znacznych oszczędności zarówno przy projektowaniu, jak i przy wykonywaniu układów zabezpieczeniowych.

6. Obwody wtórne.

Dalszym zagadnieniem, które następcza jeszcze szereg trudności, jest sprawa jakości wykonywanych obwodów dla zabezpieczeń oraz sprzętu potrzebnego do odpowiedniego ich wykonania. I w tej dziedzinie dzięki ofiarnej pracy przekąźników większość trudności udaje się pokonać. Należy jednak stale — w drodze szkolenia i sprawdzania jakości wykonywanych robót oraz dostarczanych materiałów — podnosić jakość wykonawstwa obwodów dla zabezpieczeń. Dobrze wykonany obwód dla zabezpieczenia przekąźnikowego to gwarancja jego niezawodnej pracy.

7. Zabezpieczenia prądnic.

Zabezpieczenia prądnic nie były w większości przypadków dobrane do nowych odmiennych warunków ich pracy, a mianowicie nie były dostosowane do pracy w połączeniu z siecią ogólnopolską. Prądnice były wyposażone bardzo różnorodnie w zabezpieczenia przekąźnikowe, jak i w urządzenia automatyki — od najprostszycy starego typu i w niewystarczającej ilości nawet na dużych prądnicach do bogatego różnorodnego wyposażenia niejednokrotnie na małych prądnicach.

Jako przykład — jeden z licznych — niedostatecznego wyposażenia może służyć prądnica o mocy 16 MVA, pracująca w bloku z transformatorem, a zabezpieczona tylko jednym przekąźnikiem nadmiarowo-prądowym zwłocznym zasilanym z dwóch przekładników prądowych.

Dla zobrazowania postępu w tej dziedzinie niech posłużą następujące dane zaczerpnięte tylko z lat 1952 i 1953 i podające liczby zmodernizowanych lub nowozainstalowanych urządzeń zabezpieczających przekąźnikowych:

1) zabezpieczenia nadmiarowo-prądowe zwłoczne	62,
2) blokowanie podnapięciowe zabezpieczeń nadmiarowo-prądowych	118,
3) zabezpieczenia nadnapięciowe	17,
4) zabezpieczenia od przeciążeń	172,
5) zabezpieczenia różnicowe	42,
6) zabezpieczenia przetężeniowe	41,
7) zabezpieczenia ziemnozwarciowe stojana	57,
8) zabezpieczenia od drugiego zwarcia w wirniku	11,
9) urządzenia odzwbudzające	54,
10) sygnalizacja zaniku napięcia pomocniczego	41,
11) inne rodzaje modernizacji	166,
razem	781.

Aby umożliwić wykonanie powyższych prac, należało nie tylko zainstalować odpowiednią liczbę przekładników napięciowych i prądowych, wyłączników, oporów itd., ale również z szeregu przypadków wyprowadzić punkty zerowe uzwojeń prądnicowych.

Należy podkreślić, iż większość prądnic o mocy ponad 1000 kVA będzie do końca 1954 r. wyposażona w podstawowe zabezpieczenia tak, że na rok 1955 i ewentualnie dalsze lata pozostanie zakończenie wprowadzania nowoczesnych zabezpieczeń ziemnozwarciowych uzwojeń stojanów, zabezpieczeń od zwarcia z ziemią w uzwojeniach wirników, modernizacja przestarzałych urządzeń oraz zabezpieczeń różnicowych.

Oprócz prac przy modernizacji starych i instalowaniu nowych urządzeń zabezpieczających wykonano demontaż szeregu niewłaściwych zabezpieczeń i urządzeń automatycznych, jak np. 53 szt. zabezpieczeń zwrotnych, 28 szt. zabezpieczeń podnapięciowych w elektrowniach parowych oraz 31 szt. regulatorów prądowych. Skasowanie zabezpieczeń zwrotnych wpłynęło na usunięcie przez te zabezpieczenia niewybiorczych wyłączeń prądnic, które w niektórych elektrowniach rejestrowano do 3 w ciągu roku. Skasowanie zabezpieczeń nadnapięciowych wyeliminowało niewybiorcze wyłączenia prądnic w elektrowniach parowych, występujące przy nagłych ociążeniach prądnic. Skasowanie wszystkich regulatorów prądowych na prądnicach umożliwiło wyzyskanie w pełni mocy biernej, której dotkliwy brak odczuwamy jeszcze obecnie, oraz przyczyniło się do podniesienia skuteczności pracy układów.

Mimo wszystkich wymienionych prac, które są dowodem dużego wysiłku i wyjątkowej pracy przekąźników, nie osiągnięto proporcjonalnego procentowo zmniejszenia zakłóceń w pracy prądnic w latach 1952 i 1953. Powodem tego było oddanie do ruchu szeregu prądnic, które pomimo nowoczesnych urządzeń miały niedbale i z nieodpowiednich materiałów wykonane obwody wtórne. Ponadto zbyt wolno postępująca modernizacja, uzupełnianie brakujących oraz demontaż zbędnych zabezpieczeń przekąźnikowych i urządzeń automatycznych w elektrowniach przemysłowych nie pozwalają w skali ogólnopolskiej na pełne osiągnięcie korzyści, płynących z wykonanych prac w energetyce zawodowej. Doświadczenie, uzyskane dzięki powyższym

pracom inwestycyjnym, modernizacji i eksploatacji zabezpieczeń przekątnikowych w ciągu 10-lecia, jest między innymi źródłem cennych wskazówek do zamawiania zabezpieczeń dla nowoinstalowanych prądnic.

8. Zabezpieczenia transformatorów.

Zabezpieczenia transformatorów wykazywały — podobnie jak zabezpieczenia prądnic — szereg zasadniczych braków w samym wyposażeniu w zabezpieczenia przekątnikowe oraz błędne rozwiązania czy to samego układu zabezpieczenia, czy też nastawienia przekątników. Szczególnie duży postęp prac przy modernizacji i instalowaniu nowych urządzeń zabezpieczających przekątnikowych nastąpił w roku 1953. Następujące dane liczbowe zaczerpnięte tylko z lat 1952 i 1953 najlepiej ilustrują zakres wykonanych prac:

1) zabezpieczenia nadmiarowo-prądowe zwłoczne	377,
2) blokowanie podnapięciowe zabezpieczeń nadmiarowo-prądowych	22,
3) zabezpieczenia od przeciążeń	314,
4) zabezpieczenia gazowo-podmuchowe	339,
5) zabezpieczenia odcinające	24,
6) zabezpieczenia różnicowe	164,
7) zabezpieczenia ziemnozwarciowe	13,
8) sygnalizacja zaniku napięcia pomocniczego	80,
9) inna modernizacja	311,
razem	1644.

Wykonanie tych prac było związane z kompletnym wyposażeniem — lub uzupełnianiem braków w wyposażeniu — transformatorów w przekładniki prądowe, wyłączniki, a nawet niejednokrotnie wiązało się z przeróbką kadzi transformatora i dorobieniem konserwatora. Wobec bardzo dużych braków w wyłącznikach i przekładnikach prądowych przewiduje się zakończenie wyposażania transformatorów o mocy ponad 1000 kVA w podstawowe zabezpieczenia dopiero w 1955 roku.

Dokonana modernizacja 164 zabezpieczeń różnicowych — przez zastosowanie układów nieczułych na wzrastające prądy uchybu, spowodowane prądami magnesowania i zwarciami zewnętrznymi, przez odpowiednie zanieczulanie prądowe oraz przez duże skrócenie zwłoki — pozwoliła na uzyskanie znacznego zmniejszenia niewybiórczych wyłączeń oraz uczuliła zabezpieczenia.

Powszechne wprowadzanie podtrzymania impulsu na wyłączenie dla drugiego stopnia zabezpieczenia gazowo-podmuchowego dla 339 transformatorów spowodowało każdorazowe wybiórcze zadziałanie tego zabezpieczenia.

Zmodernizowanie układów zabezpieczeń nadmiarowo-prądowych zwłocznych dla 377 transformatorów i wprowadzenie na 314 transformatorów zabezpieczenia od przeciążeń przyczyniło się do prawidłowej pracy tego podstawowego zabezpieczenia i do wyeliminowania niewybiórczych wyłączeń transformatorów z powodu przeciążeń.

Zwrócono również uwagę na uzupełnienie braków w zabezpieczeniu termometrycznym transformatorów oraz na działanie istniejących zabezpieczeń tylko na sygnał w celu wyeliminowania niewybiórczych wyłączeń transformatorów. Jednakże w tej dziedzinie należy stwierdzić zbyt powolne tempo przy uzupełnianiu brakujących zabezpieczeń termometrycznych zwłaszcza dla małych transformatorów, co przyczyniło się pośrednio do dużej liczby uszkodzeń tych transformatorów.

Z liczby zakłóceń, spowodowanych niewłaściwą ich eksploatacją, a wynoszących 10% ogólnej liczby zakłóceń transformatorów, znaczna część przypada na przeciążanie małych transformatorów. Należy podkreślić, że nawet nowoinstalowane transformatory w większości przypadków nie są wyposażone w to tak proste i tanie zabezpieczenie.

Ogólna liczba zakłóceń transformatorowych w roku 1953 zmalała w porównaniu z rokiem 1952 o 17%, w tym liczba zakłóceń bez uszkodzeń zmalała o 35% w porównaniu z rokiem 1952.

9. Zabezpieczenia linii.

Zabezpieczenia linii wykazywały wśród wszystkich urządzeń energetycznych największe braki; powodowały je nie tylko szybka rozbudowa sieci elektrycznych oraz brak odpowiedniej liczby i jakości przekątników, lecz przede wszystkim brak wyłączników oraz przekładników prądowych i napięciowych. Taki stan rzeczy w znacznym stopniu utrudniał usuwanie braków i powodował niejednokrotnie niewybiórczą pracę zainstalowanych zabezpieczeń.

Różnorodność typów zabezpieczeń, wynosząca tylko dla zabezpieczeń odległościowych 38 różnych rodzajów, w tym wię-

kszość przestarzałych i niewybiórczych, utrudniała modernizację i wymianę.

Jednocześnie narastały trudności, związane z koniecznością przeliczania nastawień nowoinstalowanych zabezpieczeń dla szybko rozbudowywanej sieci i dostosowywania ich do współpracy z istniejącymi zabezpieczeniami.

Ścisła współpraca z zakładami naukowo-badawczymi, dysponującymi analizatorami prądu zmiennego, umożliwiła w dużym stopniu obliczanie parametrów nastawień zabezpieczeń, pracujących obecnie dla różnych schematów pracy układu oraz tych zabezpieczeń, które mają być zainstalowane w dalszej przyszłości.

Mimo wykazanych wyżej poważnych trudności dzięki wyłączonej pracy wykonano w 1952 i 1953 r. następujące prace:

1) zabezpieczenia nadmiarowo-prądowe zwłoczne	412,
2) zabezpieczenia kierunkowe	17,
3) zabezpieczenia przetężeniowe	93,
4) zabezpieczenia odległościowe	289,
5) zabezpieczenia różnicowe	20,
6) zabezpieczenia ziemnozwarciowe	72,
7) sygnalizacja zaniku napięcia pomocniczego	348,
8) inna modernizacja	851,
razem	2102.

Największym osiągnięciem w tej dziedzinie było zainstalowanie lub zmodernizowanie 289 zabezpieczeń odległościowych, w większości o krótkim czasie działania poczynając od 0,08 s, co wpłynęło decydująco na podtrzymanie statecznej pracy układów. Znaczna część z nowoinstalowanych zabezpieczeń odległościowych jest przystosowana do przyszłej pracy na wysokiej częstotliwości. Dalsze skrócenie czasu działania tych zabezpieczeń oraz wprowadzenie wymiany energii w układzie na 2 fazy w warunkach SPZ będzie możliwe po uruchomieniu ich działania na wysokiej częstotliwości, co ma być zapoczątkowane w 1954 r.

Opierając się na rozwoju techniki zabezpieczeń w ZSRR zainstalowano szereg nowych zabezpieczeń do niedawna wcale lub w bardzo niewielkiej ilości stosowanych w Polsce, jak np. zabezpieczenia przetężeniowe zwłoczne i bezzwłoczne oraz przeprowadzono modernizację istniejących. Wprowadzenie zabezpieczeń przetężeniowych pozwoliło na uzyskanie szybkich i wybiórczych wyłączeń uszkodzonych odcinków sieci.

Z innych wykonanych prac, które wpłynęły na znaczne obniżenie liczby niewybiórczych zadziałań zabezpieczeń odległościowych było wprowadzenie blokady zabezpieczenia w przypadku zaniku napięcia zmiennego, zasilającego przekątnik.

Wykonanie tej dużej liczby prac oraz wprowadzenie automatyki na sieciach przyczyniło się w dużej mierze do zmniejszenia w roku 1953 zakłóceń w liniach napowietrznych o 15% oraz w liniach kablowych o 20,5% w stosunku do roku 1952. Jest to bardzo poważne osiągnięcie, szczególnie jeśli się zważy, że zakłócenia w liniach napowietrznych stanowiły w roku 1953 41% wszystkich zakłóceń zanotowanych w energetyce.

Pomimo procentowo większego zmniejszenia liczby zakłóceń w sieciach kablowych zbyt często występowało jeszcze niewybiórcze działanie zabezpieczeń.

Znaczna liczba zakłóceń była spowodowana niestosowaniem zabezpieczeń rezerwowych dla linii odchodzących z szyn zbiorczych elektrowni, zasilanych bezpośrednio przez prądnice lub przez prądnice pracujące w bloku z transformatorem. Należy położyć duży nacisk na szybkie doinstalowanie zabezpieczeń rezerwowych w celu uchronienia od wypadania z ruchu poszczególnych prądnic w elektrowniach lub nawet całych elektrowni.

W dziedzinie zabezpieczeń linii należy zwrócić uwagę na zagadnienie prawidłowego wykonywania zabezpieczeń dla sieci miejskich. Zagadnienie to jest tym ważniejsze, że obecnie powstają na terenie Polski nowe duże miasta, odbudowuje się szereg miast bardzo zniszczonych oraz przeprowadza modernizację i uzupełnia braki w istniejących. Zabezpieczenie sieci miejskich jest w dużym stopniu uzależnione od układu sieci oraz rodzaju odbiorów, co stawia przekątnikowcom dodatkowe wymagania dla prawidłowego ich zabezpieczenia.

10. Zabezpieczenia silników.

Z zabezpieczaniem silników wiąże się ściśle w energetyce zawodowej zagadnienie zabezpieczenia potrzeb własnych w elektrowniach. Różnorodność układów, w których pracują silniki w zakładach energetycznych oraz potrzeba przystosowania silników do pracy w nowopowstających układach energetycznych, wyposażonych w urządzenia automatyczne (SZR i SPZ), zwróciły uwagę zabezpieczeniowców na konieczność dokonywania kontroli istniejących zabezpieczeń silników oraz układów ich pracy.

Silniki elektryczne, a w szczególności silniki pracujące dla potrzeb własnych elektrowni, powinny mieć zagwarantowane utrzymanie stałości napięcia na zaciskach oraz zautomatyzowanie ich rozruchu. W praktyce największą trudność występuje w utrzymaniu stałości napięcia dla silników, tzn. odstąpienie zasilania ich od długotrwałych obniżeń i zaników napięcia. Zagadnienie to zostało rozwiązane przez zastosowanie zasilania z rezerwowego źródła zasilania, samoczynnego ponownego załączania, szybko działających zabezpieczeń przekaźnikowych i odpowiednich układów zasilania (sekcjonowanie, stosowanie podziału na grupy, dławiki itp.). Jak z powyższego wynika, zagadnienie zabezpieczenia silników jest ściśle uzależnione nie tylko od rodzaju i znaczenia jego pracy, lecz przede wszystkim od układu zasilania.

Do roku 1948 poświęcano mniej czasu i uwagi zabezpieczeniu silników z powodu braku odpowiednich kadr oraz sprzętu. Silniki były zabezpieczane bezpiecznikami, wyłącznikami automatycznymi, przekaźnikami termicznymi i bezzwłocznymi podnapięciowymi oraz — w nielicznych przypadkach — w myśl współczesnych wymagań techniki zabezpieczeń przekaźnikowych. Taki stan zabezpieczeń silników powodował często przerwy w zasilaniu potrzeb własnych elektrowni. W następnych latach zaznacza się nie tylko stopniowy wzrost poziomu eksploatacji zabezpieczeń przekaźnikowych silników, ale również przeprowadza się modernizację zabezpieczeń oraz instaluje się brakujące urządzenia zabezpieczające.

Od roku 1952 zaczyna się zakrojona na szeroką skalę modernizacja układów zasilania silników. Akcją tą objęto przede wszystkim podstawowe elektrownie. O rozmiarze prac oraz występujących trudnościach (brak miejsca, trudności ruchowe, brak sprzętu itp.) może świadczyć to, że czas potrzebny na pełne przeprowadzenie modernizacji dochodzi do 6 lat.

W okresie 1952 — 1953 r. wykonano następujące podstawowe prace w tej dziedzinie:

1) zabezpieczenia nadmiarowo-prądowe	100,
2) zabezpieczenia przeciążeniowe	115,
3) zabezpieczenia podnapięciowe	12,
4) inna modernizacja	126,
razem	353.

Jak wynika z tego zestawienia, zakres wykonanych prac w tej dziedzinie zabezpieczeń był bardzo niski. Najlepszym odzwierciedleniem tego niezadowalającego postępu prac jest wzrost zakłóceń w pracy potrzeb własnych w roku 1953 o 11% w stosunku do roku 1952. Z ogólnej liczby zakłóceń 30% spowodowały niewłaściwe zabezpieczenia.

Dotychczas zwracano uwagę przede wszystkim na likwidowanie w wielu przypadkach zbędnych bezzwłoczných zabezpieczeń podnapięciowych, na modernizację istniejących zabezpieczeń nadmiarowo-prądowych i przeciążeniowych oraz na uzupełnianie brakujących zabezpieczeń.

W związku z wprowadzeniem automatyki (SZR i SPZ) zakłady naukowo-badawcze zbadały dużą liczbę silników w elektrowniach podstawowych i zdjęły odpowiednie charakterystyki. Materiał ten posłuży do opracowania właściwych zabezpieczeń oraz układów zasilania. W najbliższych latach należy położyć większy nacisk na przyspieszenie tempa prac, związanych z odpowiednim zabezpieczeniem silników, oraz na modernizację układów potrzeb własnych w elektrowniach.

11. Zabezpieczenia szyn zbiorczych.

Do chwili obecnej nie ma w naszej energetyce czynnych układów zabezpieczenia szyn zbiorczych. Stan ten wynika nie tylko z dużych trudności ruchowych, które wiążą się z wprowadzeniem tego zabezpieczenia, trudności materiałowych oraz kadrowych, lecz również z pewnej opieszałości we wprowadzaniu tego ważnego zabezpieczenia. Sprawa wprowadzenia tego zabezpieczenia jest szczególnie ważna w obecnej chwili, kiedy jeszcze wskutek występującego braku urządzeń blokujących, odpowiednio przeszkolonych ruchowców i szeregu błędnie dokonywanych manipulacji ruchowych powstają zwarcia na szynach zbiorczych.

Z ogólnej liczby zakłóceń w pracy urządzeń rozdzielni i nastawni w roku 1953 21% dotyczyło szyn zbiorczych i izolatorów. Należy jak najszybciej przełamać występujące jeszcze obecnie trudności i przystąpić do nadrobienia zaległości w tej dziedzinie zabezpieczeń.

Przy opracowywaniu projektu zabezpieczenia szyn zbiorczych celowe byłoby opierać się nie tylko na znanych dotychczas z literatury rozwiązaniach typowych, lecz również na zabezpieczeniach szyn zbiorczych rozdzielni wewnętrznych, wykonanych za pomocą fotokomórek (układy takie stosuje się m. inn. w CSR).

Wprowadzenie zabezpieczenia szyn zbiorczych dla podstawowych elektrowni i stacji przyczyni się do podniesienia pewności pracy układu energetycznego, ponieważ zabezpieczenie to, dzięki bezzwłocznemu wyłączeniu zwaru na szynach, umożliwi utrzymywanie napięcia na szynach współpracujących elektrowni i stacji. W obecnie opracowywanej dokumentacji technicznej dla nowo powstających obiektów energetycznych oraz dla modernizowanych uwzględniono to zabezpieczenie.

12. Ogólne wytyczne na przyszłość.

Z dotychczasowego doświadczenia inwestycyjnego, modernizacyjnego i eksploatacyjnego w dziedzinie zabezpieczeń przekaźnikowych nasuwają się dwie kategorie wniosków — wnioski ogólne i techniczne.

Wnioski ogólne

1) Należy powiększać drogą szkolenia dotychczasowe kadry przekaźnikowców ilościowo oraz podnosić i rozszerzać zakres wiadomości z tej dziedziny. Należy położyć duży nacisk szczególnie na szkolenie monterów obwodów wtórnych, ponieważ w tej dziedzinie występują dotychczas największe braki. Kadry specjalistów przekaźnikowców należy zatrudniać przy pracach związanych z ich specjalnością, aby mogli pogłębiać zdobyte wiadomości i rozszerzać ich zakres. Należy tu zwrócić szczególną uwagę na to, aby absolwenci wyższych uczelni i szkół technicznych otrzymywali możliwość pracy w tej dziedzinie, co nie jest obecnie przestrzegane.

2) Należy zwiększyć krajową produkcję przekaźników zarówno co do ilości, jak i różnorodności rodzajów oraz — co jest najważniejsze — podnieść jakość obecnie produkowanych przekaźników. Jedynie opierając się na krajowej produkcji przekaźników umożliwimy szerokie wprowadzenie typowych rozwiązań, a więc ułatwimy prowadzenie prac inwestycyjnych i eksploatacyjnych.

3) Należy podnieść jakość sprzętu, przewodów i kabli stosowanych w obwodach zabezpieczeń przekaźnikowych, gdyż przyczyni się to do podniesienia jakości montażu oraz znacznie zwiększy pewność pracy tych układów.

4) Niezbędne jest podnoszenie jakości dokumentacji technicznej dla nowych obiektów energetycznych oraz uzupełnianie i aktualizowanie dokumentacji dla czynnych urządzeń. Odpowiednio opracowana dokumentacja nie tylko umożliwi podniesienie jakości wykonawstwa dla nowych obiektów, zmniejszenie ilości błędów powstających przy montażu w eksploatacji i przy modernizacji, lecz — co jest najważniejsze — przyczynia się do znacznego skrócenia przerwy w dostawie energii elektrycznej z powodu zakłóceń w obwodach zabezpieczeń, automatyki, pomiarów, sterowania i sygnalizacji.

Wnioski techniczne

1) Należy podnieść pewność i prawidłowość działania zabezpieczeń przekaźnikowych. Zagadnienie to będzie można realizować w całej rozciągłości dopiero wtedy, kiedy będzie całkowicie i dokładnie prowadzona analiza pracy zabezpieczeń przekaźnikowych i przekładników; toteż należy jak najszybciej uzupełnić braki kadrowe, aby umożliwić wykonanie tego bardzo ważnego zagadnienia.

2) Należy zwiększać szybkość zadziałania zabezpieczeń przekaźnikowych drogą modernizacji istniejących zabezpieczeń lub wymiany na nowe. Należy zaznaczyć, że zwiększenie szybkości zadziałania nie powinno być połączone w większości przypadków ze skomplikowaniem zabezpieczenia. Im zabezpieczenie przekaźnikowe jest prostsze, tym pewniejsze jest ono w pracy i łatwiejsze w eksploatacji.

3) Należy podnieść czułość działania zabezpieczeń przekaźnikowych. Spełnienie tego warunku jest zależne nie tylko od jakości samych przekaźników, lecz również od dokładnej znajomości pracy zabezpieczanych urządzeń w różnych warunkach ruchowych. W tym celu należy prowadzić w dalszym ciągu obecne prace na analizatorach i rozszerzać ich zakres, jak również badać pracę zabezpieczeń przekaźnikowych w stanach nieustalonych, zwarciach doziemnych i innych podobnych przypadkach.

4) Należy rozszerzyć zakres instalowanej aparatury rejestrującej w elektrowniach i węzłowych punktach układu energetycznego w celu umożliwienia dokładnej analizy pracy zabezpieczeń przekaźnikowych i automatyki, urządzeń energetycznych oraz personelu obsługującego.

5) Należy rozszerzyć zakres współpracy zabezpieczeń przekaźnikowych z urządzeniami automatycznymi przez powszechne stosowanie zabezpieczeń odległościowych pracujących na wysokiej częstotliwości dla linii długich, a w szczególności drogą za-

stosowania SPZ jednofazowych; również przez instalowanie zabezpieczeń przęteżeniowych współpracujących z SPZ, przez instalowanie urządzeń regulujących napięcie i forsujących wzbudzenie prądnic, w celu podniesienia pewności pracy zabezpieczeń przekąźnikowych itd.

6) Należy podnosić poziom pracy zabezpieczeń przekąźnikowych przez stosowanie nowych układów wyposażonych w szybko działające przekąźniki, przekąźników bezstykowych oraz wzmacniaczy magnetycznych.

7) Należy w szerokim stopniu podejmować i popularyzować modernizację zabezpieczeń silników w energetyce i w zakładach przemysłowych dla zwiększenia pewności ich pracy, co z kolei podnosi pewność ruchu elektrowni oraz daje gwarancję wykonania planów produkcyjnych przez zakłady przemysłowe.

8) Należy przyspieszyć tempo prac związanych z modernizacją zabezpieczenia przekąźnikowego potrzeb własnych oraz wprowadzać zabezpieczenia szyn zbiorczych.

9) Należy zacieśniać współpracę z zakładami przemysłowymi w celu podnoszenia pewności ich zasilania oraz udzielania im pomocy przy zabezpieczaniu urządzeń przemysłowych.

10) Należy popularyzować nowe zagadnienia związane z postępowaniem technicznym w dziedzinie zabezpieczeń przekąźnikowych oraz w dziedzinach ściśle związanych z zabezpieczeniami.

Dzięki pewnej, szybkiej i czulej pracy zabezpieczeń przekąźnikowych zapobiega się lub zmniejsza się zakres uszkodzeń niejednokrotnie bardzo kosztownych urządzeń energetycznych, ogranicza się czas trwania przerwy w dostawie energii elektrycznej oraz podnosi jakość energii dostarczanej odbiorcom.

A. MAKOWIECKI

Automatyka energetyczna w Polsce w r. 1953 i warunki jej dalszego rozwoju

621.395.34:621.3.016.4., 1953" (438)

Treść. Rozwój automatyki energetycznej w Polsce do końca 1953 r. oraz wyniki eksploatacji w r. 1953. Porównanie z automatyką w energetyce zagranicznej. Wniosek w sprawie warunków i widoków dalszego rozwoju automatyki, wysnute na podstawie dotychczasowych wyników eksploatacyjnych.

Энергетическая автоматика в Польше и условия ее дальнейшего развития. Развитие энергетической автоматики в Польше к концу 1953 г. и результаты эксплуатации в 1953 г. Сравнение с автоматикой в зарубежной энергетике. Заключение относительно условий и видов дальнейшего развития польской автоматики, основанные на достигнутых до сего времени результатах эксплуатации.

Power automatics in Poland, in 1953, and conditions for further development. Development in Poland of power automatics until the end of 1953, and operating results for 1953. Comparison with automatics in foreign countries. Suggestions, influenced by operation results hitherto achieved, as to the conditions for, and the prospects of, further development in power automatics.

1. Wstęp. Automatyka jest w energetyce stosunkowo skromną gałęzią pod względem wymaganych nakładów, natomiast z punktu widzenia korzyści gospodarczo-technicznych dla kraju jest bardzo ważną formą postępu technicznego, czyniącą zadość stale rosnącym wymaganiom odbiorców. Wymagania te są związane z bujnym rozwojem przemysłu i rozszerzającym się zakresem procesów technologicznych wrażliwych na ciągłość dostawy energii elektrycznej.

Automatyka energetyczna jest ściśle związana z zabezpieczeniem urządzeń energetycznych od uszkodzeń i lokalizacją uszkodzeń, stanowiąc niejako naturalne przedłużenie zabezpieczenia. W przeciwieństwie jednak do zabezpieczeń automatyka energetyczna służy głównie zapewnieniu ciągłości dostawy energii elektrycznej, skróceniu do minimum czasu przerwy, spowodowanych zakłóceniami w pracy zasadniczych urządzeń energetyki.

Automatyka w energetyce polskiej istniała i przed wojną, ale była traktowana, szczególnie w zastosowaniach sieciowych, jako sprawa drugorzędna. W pierwszych latach po wyzwoleniu automatyce również nie poświęcano zbyt wiele uwagi wobec natężenia i pilności zadań przywrócenia życia urządzeniom podstawowym. W trzechletnim okresie odbudowy gospodarczej kraju były już próby uruchomienia tych nielicznych urządzeń automatyki, które wyszły cało z pożogi wojennej. Dopiero w okresie planu sześcioletniego pod naciskiem wymagań życia gospodarczego przystąpiono do planowego wprowadzania automatyki. Pierwsze kroki nie były łatwe, gdyż brak było sprzętu, a urządzenia, pozostałe po wojnie, były zdewastowane i zdekompletowane; brak było dostatecznej liczby fachowców, przygotowanych teoretycznie i praktycznie do projektowania, instalowania i obsługi urządzeń automatyki. Dopiero teraz, w perspektywie dziesięciolecia, można ocenić, jak dużo zrobiono szczególnie w zakresie wyszkolenia personelu. Jest to dobrą zapowiedzią szybkiego dalszego rozwoju ilościowego i jakościowego urządzeń automatyki.

Jak w innych dziedzinach techniki, tak i na odcinku automatyki energetycznej należy podkreślić, że osiągnięcie postępu zawdzięczamy w dużej mierze wszechstronnej pomocy fachowców radzieckich i fachowej literaturze radzieckiej, która najwcześniej stała się dostępną pracownikom energetyki polskiej.

2. Ilościowy rozwój automatyki energetycznej. Sprawozdania eksploatacyjne okręgów energetycznych przynoszą dane ilościowego rozwoju automatyki energetycznej głównie na odcinku samoczynnego ponownego załączania (SPZ). Zestawienie danych liczbowych, ujęte w tabl. I, przedstawia stan ilościowy urządzeń do SPZ na koniec 1953 r. w porównaniu z 1952 r. Na liczbę urządzeń do SPZ, przypadającą na 1000 km sieci, wpływa konfiguracja sieci, a więc jej gęstość, liczba odcinków promieniowych, liczba odcinków jedno- i dwutorowych zasilanych z dwu stron. Statystyka jednej z sieci zagranicznych wykazuje, że liczba czynnych punktów do SPZ na liniach o napięciu 66 do 154 kV w roku 1946 wynosiła ok.

35 na 1000 km, przy czym długość odcinków dwutorowych liczyła się podwójnie. Z tego wynikałoby, że nasza energetyka ma jeszcze przed sobą do wykonania w dziedzinie najwyższych napięć znaczną ilość pracy.

3. Skuteczność urządzeń do SPZ. Im mniejszy jest procent nieprawidłowych zadań SPZ i im wię-

Tablica I. Rozwój urządzeń do SPZ w energetyce polskiej

Liczba urządzeń do SPZ na koniec 1953 r.	340
Liczba urządzeń do SPZ na koniec 1952 r.	224
Wzrost w ciągu 1953 r. (%)	52
Na każde 1000 km sieci powyżej 2 kV przypadało urządzeń w końcu 1953 r.	4,72
To samo w końcu 1952 r.	3,45
Wzrost „zageszczenia“ automatyki (%)	37,0

kszy jest procentowy stosunek wykonania cyklu „wylączone—załączone“ (W—Z) do ogólnej liczby wyląceń zakłóceńowych na danej linii, tym większa jest skuteczność SPZ. Dane sprawozdań eksploatacyjnych za r. 1953 i porównanie z r. 1952 zawiera tabl. II Z tablicy tej można wysunąć następujące wnioski: W r. 1953 zmniejszył się w porównaniu z r. 1952 odsetek prawidłowych zadań SPZ. Źródła radzieckie*) podają, że w 1949 r.

Tablica II. Liczba wyląceń zakłóceńowych i zadań urządzeń do SPZ

	1952	1953
Ogólna liczba wyląceń zakłóceńowych na liniach zaopatrzonych w urządzenia SPZ	851	2275
W tym zadań prawidłowych w cyklach W—Z lub W—Z—W	839	2115
To samo w % do ogólnej liczby wyląceń	98,6	93,0
Liczba zadań „udanych“ (cykl W—Z)	572	1448
To samo w % do ogólnej liczby wyląceń	67,2	63,7
Liczba wyląceń zakłóceńowych przypadających na 1 urządzenie do SPZ	3,8	6,7
Liczba zadań „udanych“ na 1 urządzenie do SPZ	2,55	4,25

odsetek nieprawidłowych zadań SPZ wynosił zaledwie 1,7% ogólnej liczby zadań. Przeciętny stosunek liczby zadań udanych (63,7%) niewątpliwie ulegnie poprawie po usunięciu niektórych warunków, obniżających rzeczywistą jakość pracy automatyki. Idzie tu głównie o niedostateczną ilość liczników za-

*) Elektricheskie Stancii, 1951, z. 5.

działania urządzeń do SPZ, wskutek czego — szczególnie przy mechanicznych urządzeniach do SPZ — pewna liczba zadziałań w cyklu W — Z wymyka się spod rejestracji.

Z tabl. III wynika, że procentowy stosunek udanych zadziałań SPZ w Polsce nie wiele różni się od wyników radzieckich.

Tablica III. Porównanie polskiej praktyki z wynikami zagranicznej eksploatacji SPZ

	Zadziałań SPZ rocznie				Liczba zadziałań w cyklu W—Z na 1 urządze- nie SPZ rocznie
	cykl W—Z		cykl W—Z—W		
	liczba	%	liczba	%	
Polskie sieci elektryczne o napięciu powyżej 2 kV w roku 1953	1448	68,5	667	31,5	4,25
Sieci ZSRR podległe Mi- nisterstwu El. k. równi o napięciach od 2 do 110 kV w r. 1949		69,3		30,7	0,5 ÷ 1,0
Sieci Ameryk. T-wa Gazu i Elektryczności o na- pięciach od 66 do 154 kV w r. 1944	155	85	27	15	0,78
2 linie na 8 kV w Szwaj- carii w latach 1943—47	42	87,5	6	12,5	2,62

Statystyka amerykańska obejmuje sieć najwyższych napięć od 66 do 154 kV, natomiast sprawozdania naszych okręgów energetycznych dotyczą urządzeń w przytłaczającej liczbie na napięcia średnie — od 10 do 35 kV, a wszak wiadomo, że liczba wyłączeń zakłóceń i zadziałań SPZ jest na ogół tym mniejsza, im wyższe jest napięcie sieci.

Tablica IV. Liczba wyłączeń zakłóceń, których przyczyny ustalono

Ogółem	883	100,0%
W tym: burze	560	63,4%
wiatry	191	21,6%
sadź	23	2,6%
przeskoki na izolatorach	20	2,3%
ptaki	24	2,7%
zerwanie przewodów	65	7,4%

napięcia średnie — od 10 do 35 kV, a wszak wiadomo, że liczba wyłączeń zakłóceń i zadziałań SPZ jest na ogół tym mniejsza, im wyższe jest napięcie sieci.

Tablica V. Liczba wyłączeń zakłóceń w roku przy różnych napięciach znamionowych sieci

Napięcia (kV)	10	15	20	30	35	60
Ogólna liczba wyłączeń	293	1131	280	420	22	9
Długość sieci z SPZ(km)	467	3690	795	1518	66	155
Wyłączeń zakłóceń na 100 km	62,7	30,6	35,2	27,5	33,4	6,45

4. Przyczyny i częstotliwość wyłączeń zakłóceń. Wobec trudności ustalenia przyczyn wszystkich wyłączeń tej kategorii w normalnych warunkach eksploatacyjnych — z przytoczonych z tabl. IV danych dla 5 okręgów tylko liczby względne w procentach mogą być użyteczne do wyciągnięcia wniosków. Uszeregowanie przyczyn wyłączeń zakłóceń pozostaje w ciągu dwóch lat w zasadzie bez zmiany:

	1953 r.	1952 r.
burze	63,4%	59,9%
wiatry	21,6 „	21,9 „
zerwanie przewodów	7,4 „	11,2 „
sadź, przeskoki na izolatorach, ptaki	7,6 „	7,0 „
Razem	100%	100%

Zestawienie w tabl. V przedstawia wpływ napięcia sieci na częstotliwość wyłączeń zakłóceń.

Do porównania niech posłużą dane z dawniejszej statystyki niemieckiej (ETZ, 1943, s. 521):

napięcie (kV)	3—6	10	15	20	30	40—50	100
liczba wyłączeń na 100 km	6,4	14,3	12,6	27,9	12,4	4,3	1

Jeżeli pominąć napięcia poniżej 10 kV, to wydaje się, że sieć 20-kilowoltowa jest najbardziej skłonna do zakłóceń.

Logiczne — zdawałoby się — rozumowanie, że na dłuższych odcinkach linii przy jednakowych innych warunkach powinno być więcej wyłączeń zakłóceń, nie znajduje wyraźnego potwierdzenia w materiale sprawozdawczym z r. 1953. Dla sieci o napięciu 10 kV w czterech zakładach sieciowych tego samego okręgu na podstawie danych eksploatacyjnych otrzymano wyniki podane w tabl. VI. Podobnie, lecz dla sieci amerykańskiej o napięciu 132 kV (CIGRE, 1946, nr 106) otrzymano (1944 r.) następujące liczby wyłączeń:

13 odcink. o dług. do 48 km — 7,56 wł. na 100 km rocznie

11 „ „ „ od 48 do 80 km — 7,3 „ „ 100 km „

8 „ „ „ powyżej 80 km — 2,8 „ „ 100 km „

5 Sprzęt do SPZ. Trzeba przyznać, że sprzęt do SPZ jest rozmaity (tabl. VII) i częściowo przestarzały, nie odpowiadający obecnym wymaganiom pod względem czasu przerwy beznapięciowej. Poza tym koszt urządzeń ciężarkowych zbrojonych ręcznie, wykonanych w kraju, jest jeszcze dość wysoki. Poszukiwania nowych — lepszych i tańszych — rozwiązań konstrukcyjnych mechanicznego urządzenia do SPZ trwają w dalszym ciągu.

Zmniejszenie typów urządzeń do SPZ do kilku oraz wyrugowanie z eksploatacji urządzeń do SPZ powolnych — to aktualne zadania, których rozwiązanie leży w rękach racjonalizatorów. Przy różnorodności typów urządzeń można się spodziewać różnej jakości ich pracy, to znaczy większego lub mniejszego odsetka zadziałań nieprawidłowych. Ponieważ praca urządzenia do SPZ jest ściśle związana z pracą wyłączników, w tabl. VIII uczyniono próbę zbadania tej sprawy.

Statystyka zadziałań urządzeń do SPZ, krajowa i zagraniczna, wskazuje, że średnie liczby wyłączeń zakłóceń i liczby zadziałań SPZ, przypadające na jedno urządzenie, nie są wielkie. Zadziałania zabezpieczeń mogą jednak na poszczególnych liniach tak wzrosnąć, że obsługa zabezpieczeń i automatyki w rozdzielnicach staje się uciążliwa. Eksploatacja potwierdza, że niernormalnie duża dla danej okolicy częstotliwość wyłączeń zakłóceń jest sygnałem domagającego się poprawy stanu sieci. Nieodzowne są wtedy gruntowne przeglądy linii i usunięcie braków.

Tablica IX podaje przykładowo dane statystyczne dla kilku linii wysokiego napięcia.

Tablica VI. Częstotliwość wyłączeń zakłóceń na odcinkach sieci różnej długości przy napięciu 10 kV

Nr zakładu sieciowego	Średn. długość odcinków linii (km)	Liczba wyłączeń na 100 km
1	8,5	91
2	9,0	70
3	16,8	74,7
4	18,1	47,9

Tablica VII. Urządzenia do SPZ według konstrukcji

Rodzaj konstrukcji	Sztuk	%
Ciężarkowe, zbrojone ręcznie	139	40,9
Sprężynowe, zbrojone ręcznie	10	2,9
Sprężynowo-przełącznikowe, zbrojenie ręcznie	28	8,2
Sprężynowo-przełącznikowe, zbrojenie silnikowe	33	9,7
Silnikowo-przełącznikowe	23	6,8
Przełącznikowe	87	25,6
Przełącznikowe z kontrolą napięcia	1	0,3
Przełącznikowe z kontrolą napięcia i synchronizmu	6	1,8
Bezpiecznikowe	5	1,5
Inne	8	2,3
	340	100,0

6. Urządzenia do SPZ na liniach pierścieniowych i dwutorowych przy jednym źródle zasilania. Są to przypadki, które ze względu na prostotę układu powinny być obecnie opracowywane i realizowane. Tablica VIII. Jakość pracy niektórych zestawów wyłączników i urządzeń do SPZ

Konstrukcje urządzeń do SPZ	Wytwórnice wyłączników	Liczba instal. SPZ	Liczba wyłączeń zakłóć.	Zadziałanie nieprawidłowe	
				liczba	%
Cieżarkowe, zbrojenie ręczne	I	8	51	2	3,92
	II	5	56	6	10,70
	III	17	67	8	11,95
	IV	14	142	23	16,20
	Przeciętnie	44	316	39	12,35
Przekątnikowe	I	7	149	0	0
	II	20	162	2	1,23
	V	4	87	2	2,3
	VI	3	56	5	8,93
	VII	8	62	15	24,20
	Przeciętnie	42	516	24	4,65
Sprężynowo-przekątnikowe, zbrojenie silnikowe	VII	7	180	1	0,5
	IV	13	70	4	5,7
	Przeciętnie	20	250	5	2,0
Sprężynowo-przekątnikowe, zbrojenie ręczne	VIII	19	304	0	0
	I	4	38	0	0
	Przeciętnie	23	342	0	0

ne. Zagadnienie czasów własnych włączania i wyłączania wyłączników oraz stosunek mocy zwarciovych i mocy wyłączalnej nie występuje tu jeszcze zbyt ostro. Na odcinku, który zaplanowano zautomatyzować, tylko na jednym końcu należy bezwzględnie umieścić wyłącznik „pełnowartościowy“, to znaczy taki, który umożliwia osiągnięcie krótkich przerw i ma moc wyłączalną zapewniającą niezawodną pracę przy SPZ na ewentualne trwałe zwanie na linii. Wyłącznikowi na drugim końcu linii nie stawia się tych zwiększonych wymagań, gdyż ponowne załączenie dokonuje on wtedy, kiedy zwanie na linii zostało zlikwidowane, a wyłącznik na pierwszym końcu linii już łączył. Czas wyłączania jednak obydwu wyłączników powinien być możliwie najkrótszy. Przy układaniu planów gospodarki wyłącznikami możliwość wykorzystania do SPZ wyłączników starszych typów w opisanych przypadkach musi być uwzględniona.

7. Urządzenia do SPZ na liniach dwustronnie zasilanych z różnych źródeł — trójfazowe i pojedynczymi fazami. Rozwój tej automatyki nastąpi w r. 1954. Do r. 1953 zainstalowano zaledwie kilka urządzeń do SPZ na liniach dwustronnie zasilanych i brak jeszcze wyników ich eksploatacji. Sprawozdania eksploatacyjne z roku 1954 powinny dostarczyć danych do oceny skuteczności i jakości pracy tego rodzaju urządzeń do SPZ. Urządzenia te mają szerokie widoki zastosowania na napięciach 60, 110 i 220 kV w okręgach najbardziej uprzemysłowionych i na liniach przesyłowych, łączących elektrownie różnych układów. Są przypadki proste, kiedy można poprzestać na ustawieniu urządzenia do SPZ na jednym końcu linii, na drugim zaś załączać ręcznie; są też przypadki, kiedy dla pełnego rozwią-

zania automatyki trzeba korzystać z pomocy organizacji projektowych. Jednym z takich obiektów jest linia od Gorzowa do Leśniewa. Do zagadnień, które uwzględnia się przy wprowadzeniu każdego urządzenia do SPZ, dochodzi tu zagadnienie równowagi pracy międzyukładowej, a przy SPZ pojedynczymi fazami jeszcze praca prądnic przy niesymetrycznym obciążeniu.

Należy stwierdzić, że w ciągu dwuletniego okresu, który upłynął od początku planowego wprowadzania automatyki energetycznej, wielokrotnie wzrosła ilość pracowników, zatrudnionych w tej specjalności i znacznie podniosły się ich kwalifikacje. Uczelnie techniczne dają absolwentów, którzy już w czasie studiów specjalność tę w mniejszym lub większym stopniu opanowali. Dlatego też zagadnienia, które się wylaniają przy wprowadzaniu automatyki i eksploatacji urządzeń automatycznych, są rozwiązywane przez personel coraz łatwiej. Dzięki temu okręgi energetyczne (a szczególnie okręg południowy) zaplanowały na rok 1954 trójfazowe SPZ z dwustronnym zasilaniem na 7 liniach 60- i 110-kilowoltowych i już przystąpiły do realizacji tego planu.

Po opanowaniu techniki trójfazowego SPZ we wszelkich jego odmianach energetyka czyni przygotowania do wprowadzenia SPZ pojedynczymi fazami. Wnioski racjonalizatorskie inżynierów Inst. Elektrotechniki i Energoprojektu oraz prace laboratoryjne w Okręgu Energetycznym Południowym dają podstawę do dokonania prób w realnych warunkach eksploatacyjnych na jednej z linii 110-kilowoltowych. Zespół aparatury składa się z wyłączników Galileo, przystosowanych do „po-fazowego“ SPZ, z zabezpieczenia odległościowego przekątnikiem L3wxS firmy BBC, z łączy wysokiej częstotliwości i ze specjalnej przystawki, opracowanej przez inżynierów-racjonalizatorów, a umożliwiającej pracę całego zespołu aparatury. Pomyślne wyniki prób umożliwiają planowe wprowadzenie tego rodzaju urządzeń do SPZ, które w Związku Radzieckim pracują już z dobrymi wynikami od szeregu lat.

8. Zagadnienie wyłącznikowe. Wyłącznik w zespole aparatury wykonującej SPZ są elementem bardzo istotnym. Poważna liczba wyłączników olejowych starszych typów ma czasy własne wyłączania i załączania według obecnych pojęć bardzo długie, a ich moc wyłączalną przy pracy w warunkach SPZ bywa w ogóle nie znana. Dla uniknięcia niebezpieczeństwa przy SPZ z takimi wyłącznikami stosuje się następujące środki: a) wymiana wyłączników starszych typów o małej lub nieustalonej dla warunków SPZ mocy wyłączalnej na wyłączniki nowoczesne z mocą wyłączalną, odpowiadającą mocy zwarcia w danym miejscu; b) wyzyskanie wyłączników w ten sposób, by moc zwarcia na szynach rozdzielni odpowiadała tylko pewnej części (np. 40%) jego znamionowej mocy wyłączalnej; c) badanie wyłączników na przydatność do pracy w warunkach SPZ, wykonywane zwykle przez Zakład Wielkich Mocy Instytutu Elektrotechniki na miejscu ustawienia wyłącznika; d) zakup nowych wyłączników o mocy wyłączalnej zadeklarowanej przez wytwórcę dla warunków szybkiego SPZ.

Niezależnie od tego terenowe służby zabezpieczeń i automatyki powinny dokonywać częstszych i gruntowniejszych kontroli stanu wyłączników, ich napędów, styków i oleju, oraz dbać o odpowiednie szkolenie obsługi stacji rozdzielczych.

Podział wyłączników pracujących z urządzeniami do SPZ według czynników i sposobów gaszenia łuku:

olejowe	196 szt., 57,6%	powietrzne	44 szt., 12,9%
małoolejowe	25 „ 7,4 „	odłączniki mocy	33 „ 9,7%
ekspansyjne	35 „ 10,3%	niewyjaśnione	7 „ 2,1 „

Tablica IX. Przykłady szczególnie intensywnej pracy urządzeń do SPZ i wyłączników

Linie wys. nap.		Moc zwarcia na szynach rozdzielni (MVA)	Moc wyłączalna wyłącznika (MVA)	Rodzaj urządzenia do SPZ	Liczba wyłączeń zakłócenio- wych	Liczba zadziałań urządzenia do SPZ			Przyczyny wyłączeń zakłócenio- wych				
Napięcie (kV)	Długość (km)					Cykl W-Z	Cykl W-Z-W	Nie- prawidł.	Bu- rze	Wia- try	Zer- wania prze- wod.	Sadź	Nieu- stalo- ne
30	82,2	120	500	Sprężynowo-przekątni- kowe ze zbroj. ręczn.	70	64	6	—	21	—	2	—	47
30	81,5	208	500		32	25	7	—	8	—	—	—	24
15	.	.	150	Sprężynowo-przekątni- kowe ze zbroj. silnik.	71	66	5	—	—	—	—	—	71
20	90	103	200		132	103	29	—	.	—	—	—	.
15	200	260	400	Przekątnikowe	72	37	35	—	56	.	9	—	7
15	80	76	100	„	103	93	10	—	16	27	5	5	50

9. Samoczynne załączanie rezerwy zasilania. SZR zasilania potrzeb własnych elektrowni w drodze modernizacji istniejących urządzeń jest dopiero zapoczątkowane. Na koniec roku 1953 takich elektrowni było zaledwie dwie, obydwie w Okręgu Południowym. W roku 1954 automatyka ta będzie uruchomiona w dalszych elektrowniach. Wprowadzenie SZR zasilania potrzeb własnych w starszych elektrowniach z konieczności nie może odbywać się w szybszym tempie, gdyż związane jest z przebudową, nieraz dość gruntowną, układu urządzeń potrzeb własnych, co z kolei wymaga przejścia przez wszystkie fazy opracowania wstępnego, jak koncepcja, projekty — wstępny, techniczny itd. Poza tym konieczne jest zbadanie silników, ich charakterystyk wybiegu i rozruchu. Z reguły tę pracę wykonują instytucje naukowo-badawcze i „Energopomiar”.

Wszystkie elektrownie nowobudowane i rozbudowywane mają samoczynne załączanie rezerwy zasilania potrzeb własnych, wzajemne rezerwy i samoczynne przełączanie zespołów maszynowych (np. pomp zasilających), samoczynne przełączanie potrzeb własnych przy uruchamianiu zespołów blokowych.

W roku 1953 zapoczątkowano uruchamianie urządzeń do SZR linii. Dwa SZR liniowe zainstalowano i uruchomiono również w Okręgu Południowym. Ten rodzaj automatyki powinien znaleźć szerokie zastosowanie szczególnie w tych przypadkach, kiedy dla ważnych odbiorców jest przewidziane — prócz normalnego zasilania — zasilanie rezerwowe. W sieciach może zaistnieć potrzeba skombinowania SZR z SPZ. Tak jest np. na linii, zasilającej Zakopane ze stacji węzłowej 30-kilowoltowej w Rabce. Eksploatacja tych urządzeń w r. 1954 pozwoli sprawdzić skuteczność rozwiązania i jego skuteczność.

Przy SZR odpada konieczność uwzględniania czasu, potrzebnego do gaszenia łuku zwarcowego i dejonizacji, z którymi ma się do czynienia przy SPZ. O ten czas może być skrócona przerwa w dopływie energii przy przejściu na rezerwowe źródło zasilania. Na przeszkodzie do dalszego skrócenia czasu przerwy stoją czas działania zabezpieczenia i czas własny wyłączenia wyłącznika oraz konieczność liczenia się z napięciem powrotnym, które przy załączeniu w niewłaściwym momencie źródła rezerwowego może spowodować niekorzystne zwiększenie się napięcia. Pokonanie tych trudności wpłynęłoby bardzo dodatnio na pracę potrzeb własnych.

10. Samoczynne odciążanie częstotliwościowe. Automatyka ta — przy dostatecznej liczbie przekładników podczęstotliwościowych i właściwym ich rozmieszczeniu — może stać się bardzo ważnym środkiem, ułatwiającym rozrządowi utrzymanie ciągłości dostawy energii elektrycznej do ważnych odbiorów. Na rok 1954 zaplanowano dla wprowadzenia tej automatyki i uzyskania własnego doświadczenia zainstalowanie 200 przekładników. Miejsca zainstalowania przekładników podczęstotliwości, wybrane przez zarządy energetyczne, odpowiadają sumarycznej mocy ok. 200 MW na wszystkich stopniach odciążania. Ponieważ przemysł krajowy jeszcze nie uruchomił produkcji przekładników częstotliwościowych, zastosowane będą przekładniki importowane i — częściowo — wykonane przez Zakład Elektroenergetyki Politechniki Wrocławskiej, jeżeli próby z opracowaniem przez ten zakład modelem przekładnika dadzą dobre wyniki. W każdym razie większą liczbę przekładników — zarówno importowanych, jak i krajowych — odda się do eksploatacji dopiero późną jesienią br.

Dla osiągnięcia skutecznego odciążenia układów sieciowych przy niewielkiej liczbie przekładników przewiduje się wyłączenie całych linii zasilających, wychodzących z elektrowni lub stacji rozdzielczych. Rozwiązanie takie można traktować jako tymczasowe, gdyż — obok odbiorów mniej ważnych i mniej wrażliwych na przerwy w dostawie energii elektrycznej — mogą wypaść z ruchu odbiory, których zatrzymanie jest związane z poważnym zakłóceniem procesu produkcyjnego i ze stratami dla ogólnej gospodarki.

Przy dalszej rozbudowie SCO (samoczynne częstotliwościowe obciążanie) przewiduje się instalowanie przekładników częstotliwości nie na liniach, zasilających odbiory różnego stopnia ważności, lecz wewnątrz zakładów przemysłowych przy tych odbiorach, które bez szkody dla procesów technologicznych można zatrzymać na pewien czas. Odbiory te byłyby wyznaczane w porozumieniu z kierownictwem zakładu. Oczywiście, dla osiągnięcia skutecznego odciążania trzeba będzie liczbę przekładników częstotliwościowych znacznie powiększyć; większy będzie również nakład pracy przy konserwacji i kontroli przekładników. Natomiast korzyść będzie polegała na tym, że ten sam rezultat dla urządzeń energetycznych będzie osiągnięty drogą mniejszych „ofiar” ze strony odbiorców, a więc operacja odciążania i przywracania normalnych warunków eksploatacji będzie miała prze-

bieg mniej dotkliwy. Przewiduje się szacunkowo, że w ciągu dwóch lat zajdzie potrzeba zainstalowania ok. 2000 przekładników częstotliwościowych.

11. Forsowanie wzbudzenia prądnic. Ta dziedzina automatyki energetycznej jest jednym z najsukcesyjniejszych środków utrzymania stateczności współpracujących maszyn synchronicznych w czasie zakłóceń w układach elektroenergetycznych oraz czynnikiem, zapewniającym ciągłość pracy silników u odbiorców. Jest to automatyka, którą w polskiej energetyce zaczęto wprowadzać w eksploatacji najwcześniej, bo już od r. 1948. Obecny zasięg stosowania automatycznego forsowania wzbudzenia przedstawia tabl. X.

Tablica X. Urządzenia forsowania wzbudzenia w eksploatacji

Liczba prądnic z forsowaniem wzbudzenia przekładnikowym	49
Liczba prądnic z forsowaniem wzbudzenia za pomocą regulatorów napięcia	11
Moc prądnic z zainstalowanym urządzeniem do forsowania wzbudzenia (MVA)	2684
Moc sforsowana (MVA)	1206
Udział mocy sforsowanej (%)	44,9

Postęp w zastosowaniu forsowania wzbudzenia w polskiej energetyce należy uważać za poważny, jeżeli się uwzględni rzeczywiste warunki eksploatacji, w których wypada wprowadzać tę automatykę, jak niedostateczna rezerwa mocy, utrudniające nawet małe przerwy w ruchu prądnic, nieuniknione przy wprowadzaniu forsowania w eksploatacji, jak brak wystarczających kadr z dostatecznym doświadczeniem w tej dziedzinie. Tym większa jest zasługa pracowników energetyki, którzy — pomimo różnych trudności — zdołali w stosunkowo krótkim czasie opanować teoretycznie i zrealizować tę automatykę, podnosząc na wyższy poziom stan techniczny urządzeń energetyki.

12. Automatyka elektrowni wodnych. Zapotrzebowanie mocy w naszym kraju po wojnie wymagało wyzyskania wszystkich nadających się do ruchu urządzeń prądniczych, nie wyłączając najmniejszych. Wobec tego uruchomiono wszystkie elektrownie wodne, które nadawały się do eksploatacji, bez względu na ich rentowność, a wszak opłacalność małych elektrowni wodnych, np. o mocy kilkudziesięciu kilowatów przy 4 — 5-osobowej obsłudze, jest często rzeczywiście problematyczna. Likwiduje się tę anomalie drogą wprowadzania zdalnego sterowania i automatyzacji elektrowni wodnych. Dotąd wprowadzono półautomatykę w 7 elektrowniach wodnych o mocy ogólnej 1,68 MW; w toku realizacji jest automatyka 12 elektrowni o mocy ogólnej 11,43 MW, wyznaczono do automatyzacji następnych 13 elektrowni o mocy sumarycznej 8,19 MW.

Akcja automatyzacji elektrowni wodnych ma na razie charakter raczej pionierski. Inicjatywa w tej dziedzinie spoczywa obecnie w rękach kierownictwa zespołów elektrowni wodnych, które korzystają z pomocy Zakładu Elektroenergetyki Politechniki Wrocławskiej. Przy tej pracy zdobywają doświadczenie młode siły inżynierów i techników, które będą przydatne przy realizacji naszych dalszych zamierzeń w dziedzinie budownictwa wodnoenergetycznego.

13. Zaopatrzenie w sprzęt do urządzeń automatyki. Z małymi wyjątkami może ono być zaspokojone przez przemysł krajowy. Przemysł jednak nie nadaje za zapotrzebowaniem i tam, gdzie energetyka napotyka trudności, personel służb zabezpieczeń i automatyki musi sam poszukiwać rozwiązań, przystosowanych do istniejących możliwości zaopatrzeniowych zarówno w zakresie przekładników, jak i urządzeń mechanicznych. Tą drogą personel zdobywa cenne doświadczenie, a rozwiązania układów przekładnikowych i konstrukcje mechaniczne stopniowo się udoskonala, dostosowując je do rzeczywistych warunków pracy. Przykładem takiego omińnięcia trudności zaopatrzeniowych może służyć urządzenie ciężarkowo-przekładnikowe do SPZ, opracowane w Centralnym Okręgu Energetycznym: jeden z mistrzów sieciowych opracował konstrukcję do zdalnego załączania wyłączników za pomocą ciężarka, a inna grupa pracowników służby zabezpieczeń i automatyki przystosowała to urządzenie do szybkiego SPZ. Przy tym koszty urządzenia w stosunku do konstrukcji dotąd przyjętej są kilkakrotnie mniejsze.

Przekładniki, potrzebne do układów automatyki ponownego załączania, załączania rezerwy zasilania oraz forsowania wzbudzenia są już produkowane w kraju. Tylko krajowe przekładniki częstotliwościowe znajdują się jeszcze w stadium produkcji próbnej.

14. Wnioski. W artykule niniejszym nie wyczerpano wszystkich zastosowań automatyki w energetyce, nie poruszono

np. samoczynnej regulacji napięcia, programowej samoczynnej regulacji mocy, automatyki kotłowej i inn. Rozpatrzono stan automatyki, której wprowadzenie nie napotyka większych trudności zaopatrzeniowych.

Dla powodzenia dalszego wprowadzenia automatyki w energetyce jest rzeczą konieczną rozwiązanie następujących spraw:

1) rozszerzenie asortymentu krajowej produkcji przekładników i innej aparatury, potrzebnej do realizacji układów automatyki; produkcja wyłączników, przystosowanych do pracy w warunkach szybkiego SPZ; fabryczny wyrób wyłączników z gotowymi napędami do SPZ; fabryczna produkcja urządzeń przekładnikowych do SPZ; podniesienie jakości wyrobów;

2) typizacja urządzeń mechanicznych do SPZ tak, aby urządzenia jednego lub dwóch typów można było połączyć z wyłącznikami różnych typów i w różnych sytuacjach ich ustawienia; typizacja układów przekładnikowych, umożliwiając ich seryjną produkcję;

3) dalsze doszkalanie kadr, przeznaczonych do montażu i obsługi urządzeń automatyki energetycznej w energetyce zawodowej i przemysłowej; popularyzacja automatyki energetycznej szczególnie w przemyśle, będącym odbiorcą energii elektrycznej;

4) zwiększenie tempa zastosowania automatyki w kotłowniach do procesów spalania i przygotowania wody zasilającej z wykorzystaniem pomocy instytucji naukowo-badawczych.

MGR INŻ. JÓZEF PLEBAŃSKI

Potencjometryczne przetwornice częstotliwości („rotopoty“)

621.317.727.004:621.3.4.26

Treść. Opis specjalnego rodzaju przetwornice częstotliwości („rotacyjne potencjometry“) pomysłu autora, mogących mieć szerokie zastosowanie w technice prądów silnych. Teoria i dane konstrukcyjne. Możliwość osiągnięcia bardzo dużych sprawności (95% i więcej). Metody zwiększenia i zmniejszenia częstotliwości. Kaskady maszynowo-potencjometryczne, mające na celu regulację prędkości silników asynchronicznych (wzmocnienie mocy do $\infty 10\%$) oraz możliwości stosowania sprzężenia zwrotnego zarówno ujemnego, jak i dodatniego. Znaczenie ujemnego sprzężenia zwrotnego dla stabilizacji obrotów. Możliwość korzystnego rozwiązania zadań, osiąganych dotychczas przy pomocy układów Leonarda.

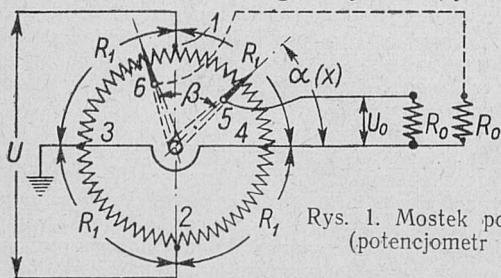
Потенциметрические преобразователи частоты. Описан предложенный автором специальный род преобразователей частоты, которые могут найти широкое применение в электротехнике сильных токов. Теория и конструкция преобразователя. Возможность получения очень большого коэффициента полезного действия (95% и выше). Методы повышения и понижения частоты. Каскадные машинно-потенциметрические агрегаты, имеющие целью регулирование скорости асинхронных двигателей (усилители мощности около 10%) и возможность возвратного сцепления — положительного либо отрицательного. Значение отрицательного сцепления для стабилизации скорости вращения. Возможность выгодного разрешения задач, которые ныне разрешаются по схеме Леонарда.

Potentiometric frequency changers („Rotopot“). Description of a special type of frequency changer („rotary potentiometer“) designed by the author and likely to find extensive use in electric power engineering. Theory and constructional features. Prospects of achieving extremely high efficiency (95 per cent and more). Methods of increasing and reducing frequency. Potentiometric cascade converters designed to control the speed of asynchronous motors (power amplifiers up to $\infty 10\%$), and opportunities for employing retroaction — both negative and positive. Importance of negative retroaction for stabilising speed. Prospects of satisfactory solution of problems which have hitherto been solved by means of the Leonard control system.

1. Zasada działania i rozwiązania konstrukcyjne.

Przetwornice częstotliwości składają się zwykle z zespołu dwóch mechanicznie sprzężonych maszyn, z których jedna jest silnikiem, druga prądnicą. Tego rodzaju przetwarzanie prądów nie jest ekonomiczne, gdyż sprawność urządzeń jest z natury rzeczy mała, kaskadowe bowiem włączanie maszyn obniża ogólną sprawność. Pewnym uproszczeniem były wprowadzone w swoim czasie przetwornice jednomaszynowe. W celu poprawienia sprawności wysunięto szereg koncepcji, między innymi urządzenia z prostownikami, które, jak wiadomo, odznaczają się dużą sprawnością. Są to jednak urządzenia kosztowne.

Podstawową ideą nowej koncepcji autora [11] jest stosowanie urządzenia potencjometryczno-mostkowego, które przy właściwej konstrukcji odznacza się taniością i łatwością wykonania oraz może dać stosunkowo dużą sprawność. Jak widać z zasadniczego schematu takiego urządzenia (rys. 1), jest to mostek



Rys. 1. Mostek potencjometryczny (potencjometr sinusoidalny)

Przy obciążeniu $R_0 \ll R_1$ (wzór 1) będą napięcia:
między 5 i 4 $\frac{U}{2} \sin \alpha$, między 6 i 4 $\frac{U}{2} \sin (\alpha + \beta)$

oporowy, w którym do punktów 1—2 doprowadza się napięcie U — stałe lub zmienne, a punkty 3—4 uziemia się; między ziemią (tj. punkty 3—4) a styk ślizgowy (szczotkę) 5 włącza się obciążenie — oporność użytkową R_0 . Uzwojenia potencjometru zawsze mogą być tak wykonane, żeby przy przestawianiu styku 5 napięcie na oporniku R_0 było proporcjonalne do $\sin \alpha$. W ten sposób obracając szczotkę 5 otrzymujemy napięcie zmienne równe $\frac{U}{2} \sin \alpha$ lub $\frac{U}{2} \sin \omega t$, gdzie ω — częstotliwość kątowna, t — czas.

Urządzenie z rys. 2 z dwiema szczotkami 5 i 6 jest lepsze od urządzenia z rys. 1, gdyż napięcie wyjściowe jest tu dwa razy większe, tj. wynosi $U \sin \alpha$ zamiast $\frac{U}{2} \sin \alpha$ na rys. 1.

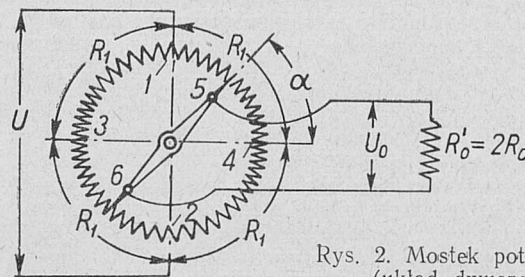
Jeżeli część opornika R_1 między 4 i 5 oznaczmy przez XR , to X , przy przebiegu sinusoidalnym, może być obliczone ze wzoru:

$$(1) \quad X = \frac{R_1 \sin \alpha - R_0}{2R_1 \sin \alpha} \pm \sqrt{\left[\frac{R_1 \sin \alpha - R_0}{2R_1 \sin \alpha} \right]^2 + \frac{R_0}{R_1}}$$

Wzór ten jest słuszny zarówno dla rys. 1, jak i dla rys. 2, jeżeli wewnętrzna oporność źródła U jest mała w stosunku do R_1 .

Jeżeli (rys. 1) zastosujemy drugą szczotkę 6 przesuniętą np. o kąt β względem pierwszej szczotki 5, to napięcie na drugim oporniku R_0 będzie każdej chwili $\frac{U}{2} \sin (\alpha + \beta)$ i wzór (1)

będzie również słuszny pod warunkiem, że przy kręceniu obydwóch szczotek nie zajdzie okoliczność, żeby obydwa oporniki



Rys. 2. Mostek potencjometryczny (układ dwuszcotkowy)

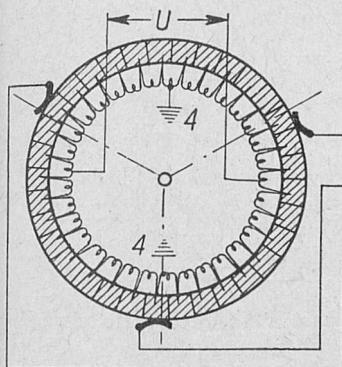
Napięcie między 5 i 6 $U \sin \alpha$ (tj. dwa razy większe niż przy konstrukcji według rys. 1)

R_0 obciążąły tę samą gałąź mostka, np. 1—4, 4—2, 2—3 lub 3—1. W ten sposób synchronicznie obracając szczotki otrzymamy sinusoidy przesunięte w fazie o kąt β .

Możemy osiągnąć dowolne przesunięcia fazowe przy dowolnej liczbie faz (szczotek), jeżeli będziemy stosowali równoległe potencjometry.

Według wzoru (1) można dokładnie obliczyć krzywą oporności potencjometru przy danym stosunku R_0/R_1 . Pierwsze eksperymenty z tego rodzaju potencjometrem, nazwanym przez autora sinusoidalnym [2, 3, 5] dokonano w 1939 r.; początkowo potencjometr ten był zastosowany do przesuwnika fazowego specjalnej konstrukcji [8], później jednak znalazł on inne, daleko ważniejsze zastosowania [3]; szły one jednak w kierunku miernictwa i liczydeł elektrycznych [11].

Chcąc zużytkować tego rodzaju urządzenia do przetwornic częstotliwości i do innych celów, o których mowa niżej, należy ujmować sprawę z innej strony, a mianowicie pod kątem możliwości jak największego obciążenia (tj. najmniejszej oporności) na wyjściu oraz osiągalności jak największej sprawności urządzenia, czyli pod kątem jak najmniejszych strat elektrycznych w samym potencjometrze, tj. w opornikach R_1 (wartość R_1 po-



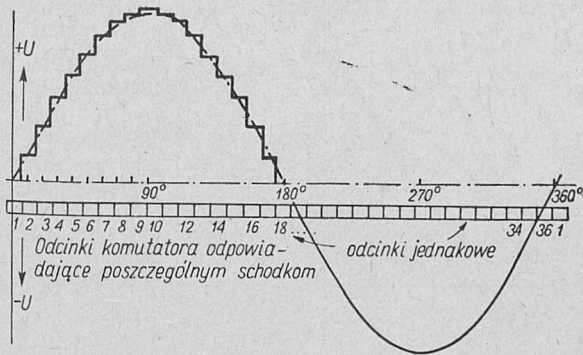
Rys. 3. Rotopót (rotacyjny potencjometr) — przetwornica z prądu stałego (U) lub zmiennego (U) na prąd zmienny trójfazowy (1,2,3) lub zmienny o trzech modulowanych fazach

winna być bardzo duża, teoretycznie $R_1 = \infty$) plus straty w silniku obracającym szczotki lub komutator potencjometru. Charakter krzywej odgrywa w tym przypadku mniejszą rolę.

Z drugiej strony już pierwsze próby autora z przetwornicą potencjometryczną według rys. 1 i 2, nawiniętą drutem oporowym, wykazały nieprzydatność do przetwornic tego rodzaju konstrukcji. Firmy wykonujące tego rodzaju potencjometry szacują ich trwałość na 500 000 obrotów. Jeżeli użyć tego rodzaju potencjometru jako przetwornicy z prędkością 1500 obr./min., to łatwo można obliczyć, że wytrzyma on tylko $5\frac{1}{2}$ godzin pracy. Wobec tego dla przetwornicy opisywanego rodzaju nadaje się tylko dawno wypróbowany w technice prądów słabych i silnych system komutatorowy.

Na rys. 3 podano schematycznie tego rodzaju urządzenie, a na rys. 4 odpowiednią krzywą napięcia na oporniku użytkowym R_0 (rys. 1 i 2). Jeżeli oporniki między poszczególnymi wycinkami komutatora są dobrane według wzoru (1), to otrzymana krzywa będzie sinusoidą schodkową, jak pokazano z lewej strony rys. 4. Włączenie kondensatora C równoległe do oporności użytkowej R_0 powoduje (przy pewnej niezbyt małej prędkości obrotowej) „wygładzenie” krzywej, jak widać z prawej strony rys. 4. Zasadniczo krzywa schodkowa przy włączeniu kondensatora przechodzi w krzywą z zaokrąglonymi schodkami, czyli w sinusoidę falistą.

Sinusoida schodkowa pokazana na rys. 4 ma tę wadę, że skoki napięć między poszczególnymi odcinkami komutatora przy komutacji nie są jednakowe. Możemy osiągnąć jednakowe na-



Rys. 4. Sinusoida schodkowa (z lewej strony), sinusoida wyglądniona przez kondensator lub filtr włączony np. między punktami wyjściowymi 1 i 2 z rys. 3 (z prawej strony)

Jeżeli opornik wyjściowy (bez kondensatora) połączyć z płytkami oscyloskopu, to powyższą sinusoidę schodkową zobaczymy na ekranie lampy

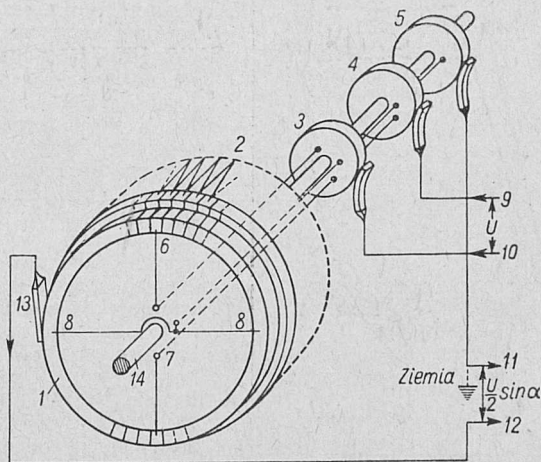
pięcia (lub skoki napięć), jeżeli szerokości wycinków komutatora będą odpowiednio dobrane, tj. nie będą równe między sobą.

Wyżej podane konstrukcje oparte są na założeniu, że zarówno potencjometr jak i obciążenie mają opór tylko czynny, to znaczy nie jest brana pod uwagę indukcyjność (lub pojemność) obciążenia. Z drugiej strony uzwojenia samego potencjometru mogą być indukcyjne, jak to bywa np. w szeroko stosowanych „variac”-ach.

Ogólnie biorąc, jeżeli obciążenie jest indukcyjne, to wzór (1) nie jest słuszny. Jeżeli jednak stosujemy potencjometr indukcyjny i obciążenie indukcyjne (i to w odpowiednim stosunku), to wzór (1) znowu będzie słuszny. Mogą być również dobrane takie warunki, np. przy potencjometrze indukcyjnym i obciążeniu wyłącznie czynnym, żeby zmieniała się tylko faza, a nie amplituda. Możliwe to jest zwłaszcza przy układach trójfazowych. Ogólnie potencjometr z rys. 1 i 2 daje modulację amplitudy, może być jednak tak zbudowany, żeby dawał stałą amplitudę i modulował tylko fazę [5].

Dla skrócenia analizy będziemy ją dalej opierać na wyżej wspomnianym uproszczeniu, tzn. na założeniu, że potencjometr i obciążenie składają się wyłącznie z oporów czynnych.

Właściwą konstrukcję modelu doświadczalnego wykonanego przez autora, widzimy na rys. 5. Do komutatora 1 przyłączony jest opornik 2 o odpowiednio dobranych opornościach między poszczególnymi odcinkami komutatora. Pierścienie 3 i 4 są połączone przez punkty 6 i 7 i komutator 1 z potencjometrem 2. Z drugiej strony pierścienie 3 i 4 połączone są przez szczotki z punktami 9 i 10, gdzie doprowadza się napięcie, które ma być przetworzone. Środkowy punkt 8 jest połączony z pierścieniem 5 i ziemią 11, stanowiącą jeden z biegunów wyjściowych. W pewnych przypadkach uziemienie może być pominięte (jak np. na rys. 2). Drugi biegun wyjściowy stanowi szczotka 13 i punkt 12. Wał 14 sprzęga się np. z małym silniczkiem o regulowanej prędkości; w ten sposób doprowadzając do punktów



Rys. 5. Konstrukcja rotopotu

- 1 — komutator
- 2 — oporniki
- 3, 4, 5 — pierścienie i szczotki
- 6, 7 — połączenia komutatora-potencjometru z pierścieniami 3 i 4
- 8 — połączenie komutatora-potencjometru z pierścieniem 5 i ew. z ziemią
- 9, 10 — doprowadzenia napięcia prądu stałego (U) lub zmiennego
- 11, 12 — bieguny wyjściowe
- 13 — szczotka
- 14 — wał rotopotu, napędzany przez mały silnik (nie pokazany)

9 i 10 napięcie stałe otrzymujemy na wyjściu 11—12 napięcie zmienne o przebiegu sinusoidalnym, jeżeli, jak zaznaczono wyżej, oporność wyjściowa R_0 , tj. oporność obciążenia, jest dobrana do konstrukcji potencjometru 2. Częstotliwość otrzymanego prądu zmiennego jest wprost proporcjonalna do prędkości obrotowej wału potencjometru (14). W ten sposób koncepcja przetwarzania prądu stałego na zmienny i odwrotnie, jak później zobaczymy, oraz przetwarzania — ogólnie biorąc — napięć o pewnym charakterze (względnie częstotliwości) na napięcia o innym charakterze (względnie na inne częstotliwości) polega na stworzeniu jedynie obracającego się komutatora oraz pierścieni i uzwojenia specjalnej konstrukcji. Wirowanie szczotek względem komutatora (lub odwrotnie) osiąga się przy pomocy stosunkowo niewielkiego silnika. Można by powiedzieć, że zamiast zwykłych dwóch lub jednej maszyny, stosujemy tylko rotacyjny przetwornik specjalnej konstrukcji (rotopót).

Należy zaznaczyć, że powyższa koncepcja, jeżeli mieć na widoku tylko trójfazowe przetwornice częstotliwości, nie jest zupełnie nowa i spotyka się w literaturze [7], jednak w nieco innym ujęciu. Wymienić tu trzeba przetwornice trójfazowe, które składają się jedynie z wirnika (tzn. są bez stojana), mającego trzy pierścienie, uzwojenie trójfazowe oraz komutator, z którego odbieramy — zależnie od prędkości wirnika — częstotliwość mniejszą lub większą od doprowadzanej do pierścieni (jest to właściwie zasada wspomnianego wyżej potencjometru fazowego). W ten sposób, napędzając ten wirnik stosun-

kowo małym silnikiem (o małej mocy), możemy ekonomicznie regulować prędkość obrotową dużych silników (tzn. dużej mocy) przez zmianę częstotliwości prądu zasilającego.

2. Sprawność przetwornic potencjometrycznych.

Z rys. 1, 2, 3 i 4 widoczna jest jedna duża zaleta przedstawionych tam urządzeń: niezależnie od prędkości zastosowanego do obracania szczotek silnika (lub komutatora) napięcie wyjściowe zależy jedynie od napięcia wejściowego U i równa się $\frac{1}{2} U \sin \omega t$ (lub przy dwu szczotkach $U \sin \omega t$), przy czym

$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi n}{60}$, gdzie f — wytwarzana częstotliwość (*), a n — prędkość obrotowa silnika (na minutę). W ten sposób napięcie

wyjściowe jest zawsze dokładnie proporcjonalne do napięcia wejściowego i to dla całego zakresu częstotliwości od zera do f . W zwykłych maszynach wirujących jest to w ogóle niemożliwe: maszyny te pracują dobrze tylko w pewnym zakresie częstotliwości.

Sprawność przetwornicy będzie, jak wynika z rys. 1 i wzoru (1), tym większa, im większy jest stosunek oporności potencjometru (jednej gałęzi) R_1 do oporności obciążającej R_0 . Jeżeli założymy $R_1/R_0 = 30$ i obliczymy oporności między poszczególnymi odcinkami komutatora, to otrzymamy wartości podane w tabl. I oraz wykres w postaci krzywej IV na rys. 6. Jest to krzywa nie tylko oporności, ale i napięcia na potencjometrze (nieobciążonym) w funkcji kąta α , wskazującego położenie szczotki. Krzywe II i III dotyczą przypadków, kiedy odpowiednio $R_1/R_0 = 1$ i $R_1/R_0 = 10$.

Na rys. 6 pokazano tylko $\frac{1}{4}$ okresu dla większej przejrzystości, gdyż dalszy ciąg jest tylko powtórzeniem pierwszego ćwierćokresu (z odpowiednimi zmianami biegunowości i kolejności przebiegu).

Z powyższego wynika, że dobierając stosunek obciążenia R_0 do R_1 możemy otrzymać dowolne krzywe okresowe odpowiednich przebiegów od krzywej IV do krzywej V, które to krzywe dają

mniej więcej granice praktycznych możliwości. Inaczej mówiąc z powyższych obliczeń wynika, że jeżeli np. zbudujemy przetwornicę komutatorową na obciążenie wyjściowe np. 3 omy, a następnie obciążymy ją tylko 15 omami, to otrzymamy krzywą przebiegu według np. krzywej IV na rys. 6; będzie to niedociążenie. Jeżeli natomiast obciążymy ją opornością $R_0 = 0,05 \Omega$, a więc przeciążymy ją, to otrzymamy krzywą przebiegu według krzywej V na rys. 6.

3. Obliczanie maksymalnej sprawności układu z rys. 1.

Przyjmujemy (rys. 1), że $R_1 \gg R_0$, a nawet — teoretycznie — $R_1 = \infty$. W ten sposób upraszczamy obliczenia, biorąc pod uwagę tylko szeregowo z opornością R_0 włączoną część opornika R_1 , tj. $R_1(1-x)$.

Moc użyteczna odbierana w oporniku R_0 będzie równa

$$(2) \quad P_1 = \frac{U_0^2}{R_0} = \frac{(U \sin \alpha)^2}{4 R_0},$$

jeżeli przyjąć, że szczotka 5 (na razie w stanie bezruchu) znajduje się pod kątem α względem pozycji zerowej (3—4).

*) Częstotliwość f zależy ściśle i wyłącznie od prędkości obrotowej wału rotopotu (14 na rys. 5).

Żeby obliczyć moc traconą w części (zmiennej) opornika $R_1(1-x)$, niezbędnej do zabezpieczenia przebiegu sinusoidalnego napięcia na oporniku R_0 , potrzebny jest wzór na wspomnianą część opornika R_1 . Ustalamy go na tej podstawie, że szeregowo włączone oporności $R_0 + R_z$ (gdzie R_z oznacza oporność poszukiwaną) muszą dać sumę spadków napięć $\frac{U}{2}$, tzn.

równą napięciu na połowie potencjometru (między jednym biegunem i ziemią). Stąd

$$(R_0 + R_z) \frac{U \sin \alpha}{2 R_0} = \frac{U}{2} \quad \text{ i } \quad R_z = \frac{R_0 (1 - \sin \alpha)}{\sin \alpha}.$$

Spadek napięcia na oporności R_z równa się oczywiście $\frac{U}{2} (1 - \sin \alpha)$. Wobec tego straty mocy w oporności R_z będą

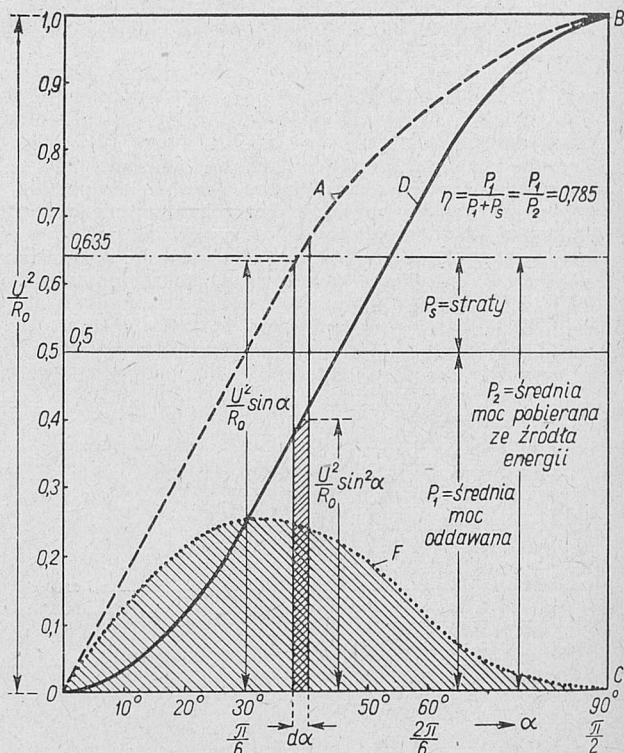
$$(3) \quad P_s = \frac{[U(1 - \sin \alpha)]^2}{4 \cdot R_z} = \frac{[U(1 - \sin \alpha)]^2 \cdot \sin \alpha}{4 \cdot R_0 (1 - \sin \alpha)} = \frac{U^2 (\sin \alpha - \sin^2 \alpha)}{4 \cdot R_0}.$$

Sprawność układu η , która nas interesuje, będzie równa na podstawie (2) i (3)

$$(4) \quad \eta = \frac{P_1}{P_1 + P_s} = \sin \alpha.$$

Jest to sprawność przy położeniu szczotki pod kątem α . Ze wzoru (4) wynika, że zależnie od położenia szczotki sprawność η będzie się zmieniać: przy $\alpha = 0$ będzie zero, przy $\alpha = 90^\circ$ będzie 100%.

Jeżeli szczotka (lub komutator) będzie wirować, to moc oddawana P_1 (w funkcji α) będzie przebiegać według krzywej, której rzędne są rzędnymi sinusoidy podniesionymi do kwadratu (W na rys. 7). Również moc tracona w opornikach (P_s) i pobierana z sieci ($P_1 + P_s$) są podane na rys. 7. Do oblicze-



Rys. 7. Przebieg mocy chwilowych w rotopocie z rys. 5

A — moc chwilowa pobierana z sieci (źródła energii)
D — „ „ zużywana w oporniku wyjściowym R_0
F — „ „ tracona w opornikach potencjometru

nia średnich mocy — odbieranej, pobieranej i traconej — należy obliczyć pola $ODBCO$, $OABCO$ i $OFCO$ i podzielić je przez $\frac{\pi}{2}$ (gdyż $\alpha = 90^\circ$).

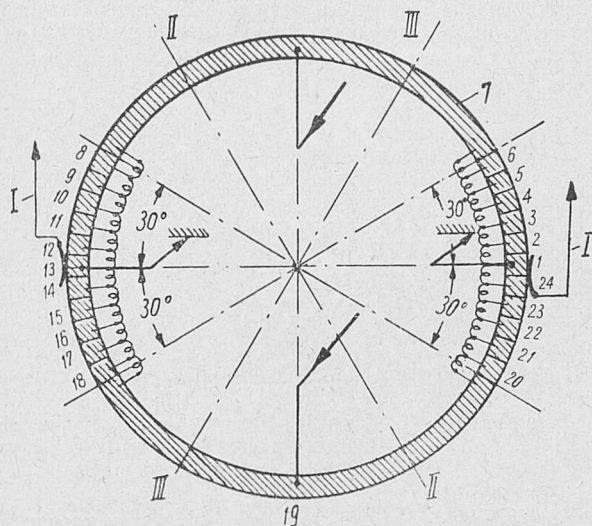
Średnia sprawność będzie stosunkiem pól $ODBCO$ do $OABCO$:

$$\eta = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sin^2 \alpha \cdot d\alpha : \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sin \alpha \cdot d\alpha = 0,785.$$

Średnia moc odbierana będzie 0,5, pobierana 0,635 i tra-

cona 0,135, jeżeli przyjąć największe wartości mocy pobieranej i odbieranej równymi jedności.

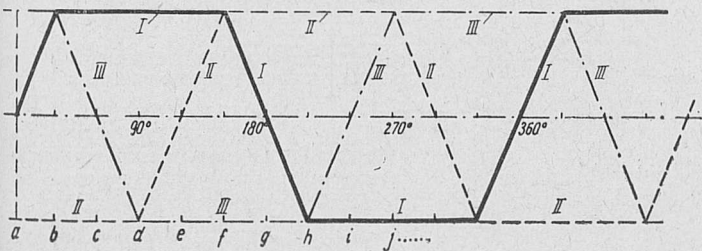
W warunkach praktycznych, oczywiście, nigdy nie można zbudować potencjometru na ogólną oporność $R_1 = \infty$, jednakże już przy stosunku $R_1:R_0 = 30$ zbliżamy się do wyżej omówio-



Rys. 8. Komutator oszczędnościowy: konstrukcja do otrzymania „sinusoidy kwadratowej” (trapezowej) według rys. 9

- 1–24 — wycinki komutatora
7, 19 — wycinki komutatora poszerzone
I, II, III — rozstawienie szczotek w systemie sześciofazowym
I, I — rozstawienie szczotek w systemie jednofazowym

nych warunków. Znaczy to, że praktycznie możliwy do realizacji potencjometr o przebiegu sinusoidalnym pozwoli na osiągnięcie sprawności ok. 76%. Przy użyciu komutatora według rys. 8 otrzymamy krzywe przebiegu według rys. 9 i przy konstrukcji części opornikowej, zapewniającej przebieg sinusoidalny (na rys. 9 dla uproszczenia schematu oznaczono tę część krzywej linią prostą) jednakże tylko w ograniczonym kącie (np. 30° na rys. 8 i 9) można osiągnąć sprawność 95% (rys.



Rys. 9. „Sinusoidy kwadratowe” przesunięte w fazie o 120° (kąt komutacji 30°) przy stosowaniu rotopotu według rys. 8

10). Powyższą koncepcję ograniczania komutacji do pewnego kąta autor uważa za niesłychanie ważną, gdyż zmniejsza ona znacznie wymiary oporników przy danej znamionowej rotopotu (w danym przykładzie przeszło 3-krotnie). Krzywe trapezowe według rys. 9 są znane i szeroko używane w technice prądów silnych, a mianowicie w układach prostownikowych, zmieniających prąd stały na prąd zmienny.

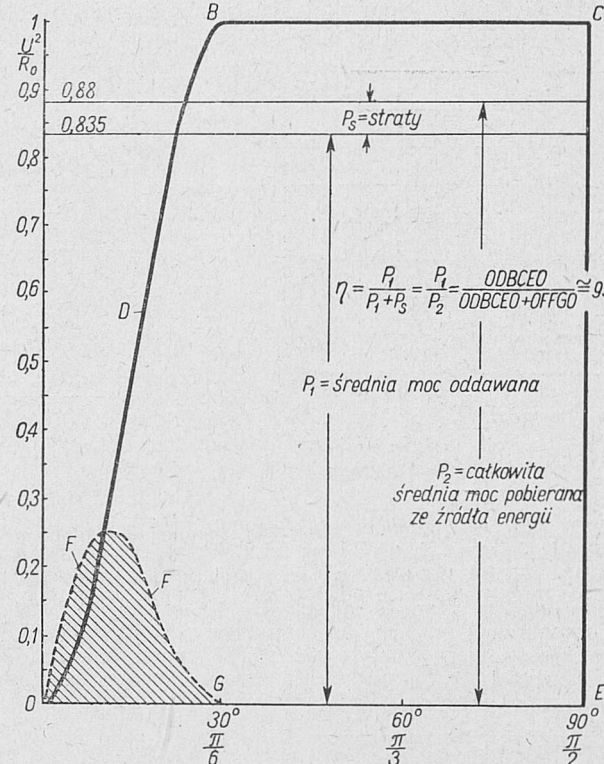
Należy zwrócić uwagę, że w powyższych rozumowaniach nie są brane pod uwagę inne czynniki, które obniżają sprawność urządzenia, a mianowicie straty na tarcie i grzanie się szczotek oraz straty mocy w silniczku, który kręci komutator lub szczotki. Te ostatnie straty, przy bardzo starannych konstrukcjach, mogą obniżyć sprawność o 2%. Z drugiej strony, jeżeli użyć zamiast potencjometrów o oporach czynnych potencjometry indukcyjne, to podane wyżej sprawności mogą być podniesione. Przy potencjometrach indukcyjnych ograniczona komutacja (np. według rys. 8) również znacznie zmniejsza wymiary tych dławików.

Należy podkreślić, że przy układzie komutatorowym, tj. w przypadku sinusoid schodkowych, ogólne sprawności będą w przybliżeniu te same, co podane wyżej.

Chcąc podnieść sprawność ponad 95% w konstrukcji komutatora według rys. 8 należy wziąć więcej faz, np. 9 i ograniczyć kąt komutacji np. do 10°; wtedy otrzyma się teoretyczną

sprawność 97,7%. Przy dalszym powiększeniu liczby faz sprawność może być jeszcze większa.

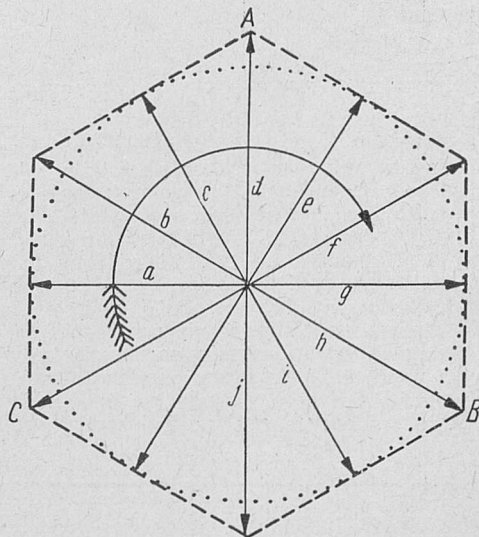
Tu należy zwrócić uwagę, że zniekształcone krzywe (trapezowe, jak na rys. 9) dają inny przebieg wirowania pola w silniku trójfazowym synchronicznym lub asynchronicznym niż



Rys. 10. Krzywe przebiegu chwilowych mocy w rotopocie przy zastosowaniu komutatora oszczędnościowego według rys. 8

Sprawność η wzrasta w porównaniu z rys. 7 do 95%; straty zmniejszają się 4,3 raza; wymiary rotopotu mogą być mniejsze. Przy dalszym zmniejszeniu kąta komutacji można otrzymać jeszcze lepsze wyniki.

znany przebieg kołowy (przy sinusoidach). Widzimy to na rys. 11, gdzie amplituda pola magnetycznego zmienia się cokolwiek opisując swym wierzchołkiem sześciokąt, jak również prędkość kątowna wirowania pola nie jest jednakowa, lecz ulega



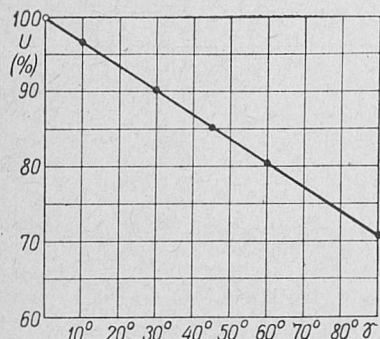
Rys. 11. Kształt wirowania pola magnetycznego w silniku trójfazowym przy stosowaniu „sinusoid kwadratowych” wg rys. 9

pewnym wahaniem. Przy 9 fazach otrzymamy zamiast sześciokąta osiemnastokąt i prędkość wirowania więcej równomierną.

Jak wspomniano wyżej, przy zasilaniu silnika z wirującym polem przez prądy przesunięte w fazie, lecz o przebiegu niesinusoidalnym, zniekształcamy do pewnego stopnia wirowanie pola (zmiany amplitudy i prędkości wirowania) i zniekształcenie to możemy posunąć w takim kierunku, żeby otrzymać

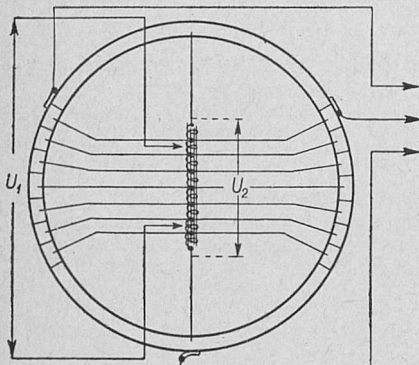
wirowy ruch pola skokami. Da się to osiągnąć przez znaczne przeciążenie (krzywa V na rys. 6) lub przez specjalną konstrukcję rotopotu. Tego rodzaju ruch wirowy — skokami — może nadać się np. w urządzeniach do przesuwania taśmy filmowej lub w zegarach.

Obok zwiększenia sprawności stosowanie ograniczonej komutacji ma jeszcze jedną bardzo ważną zaletę, a mianowicie



Rys. 12. Wpływ ograniczenia kąta komutacji (γ) na podniesienie napięcia wyjściowego w stosunku do napięcia wejściowego

zwiększa skuteczne napięcie wyjściowe, jak widać na rys. 12. Ma to duże znaczenie, gdyż przy normalnym napięciu wejściowym (np. 220 V) przy pełnej komutacji (90°) otrzymamy na wyjściu skuteczną wartość napięcia $220/\sqrt{2} = 155$ V, natomiast przy ograniczonej np. do 10° otrzymamy $220 \cdot 0,97 = 214$ V. W ten sposób można przyłączać silniki asynchroniczne 220-woltowe wprost do rotopotu (bez transformatora) przy stosunkowo małej stracie napięcia.



Rys. 15. Rotopót z potencjometrem indukcyjnym (autotransformatorem) pozwalającym na podwyższenie napięcia wyjściowego $U_2 \sin \alpha$ ($U_2 > U_1$)

3. Konstrukcje.

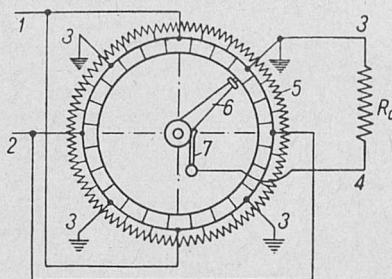
Konstrukcja podana na rys. 5 służyła do początkowych doświadczeń i nie jest najlepsza. Przede wszystkim należy zwrócić uwagę, że jak w silnikach i prądnicach możemy również w potencjometrach mieć p par biegunów, gdzie p może mieć wartości 1, 2, 3 itd. Na rys. 1, 2, 3, 5 mieliśmy jedną parę biegunów ($p = 1$). Natomiast na rys. 13 widzimy 2 pary biegunów z jedną szczotką i uziemieniem. W tym przypadku przy obracaniu komutatora lub szczotki 6 napięcie będzie miało dwa razy większą częstotliwość niż poprzednio. W ten sposób można osiągnąć swego rodzaju powielanie częstotliwości, jednakże tylko w stosunku do liczby obrotów silnika obracającego komutatory. Prócz tego okazało się, że zamiast dwóch

Tablica I

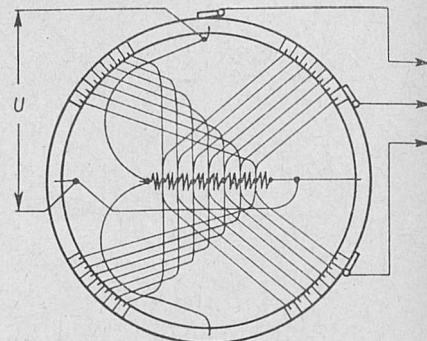
Sekcja	Kąty	$30 : 1 = R_1 : R_0$
1	10°	84,75%
2	20°	9,05%
3	30°	2,96%
4	40°	1,34%
5	50°	0,95%
6	60°	0,42%
7	70°	0,28%
8	80°	0,15%
9	90°	0,1%

równolegle włączonych potencjometrów (zasadniczo na obwódni koła) można stosować — w celu podniesienia sprawności — jeden potencjometr, jak pokazano na rys. 14 z komutatorem według poprzedniego rys. 8. Można również stosować jeden potencjometr indukcyjny, jak pokazano na rys. 15.

Wreszcie można zastosować jeszcze jedno uproszczenie konstrukcyjne, a mianowicie przy dużych obiektach można — za-



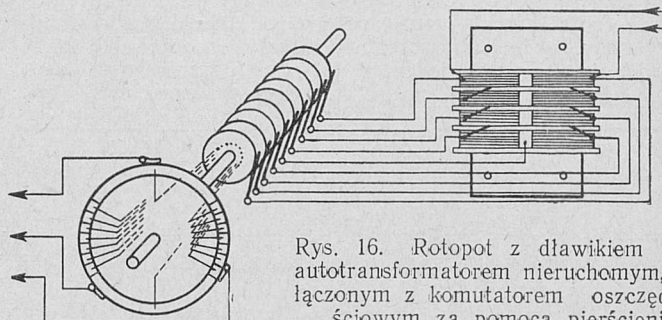
Rys. 13. Rotopót o zwiększonej liczbie biegunów ($p = 2$)



Rys. 14. Stosowanie jednego potencjometru z zaczeplami przy $p = 2$ (system oszczędnościowy)

miast obracać układ opornikowy lub indukcyjny razem z komutatorem — ustawić układ nieruchomo obok, a obracać tylko komutator i pierścienie (rys. 16). Tego rodzaju układ nadaje się specjalnie tam, gdzie trzeba mieć przyrząd o małej bezwładności (małym momencie obrotowym) np. przy sterowaniu prędkości obrotowej maszyn, gdzie potrzebna jest szybka zmiana obrotów (w lokomotywach elektrycznych, walcowniach i innych przypadkach).

W pewnym przypadku potrzebne są przetwornice częstotliwości z prądu trójfazowego na trójfazowy. Wtedy można zastosować konstrukcję według rys. 17 z ruchomym lub nie-



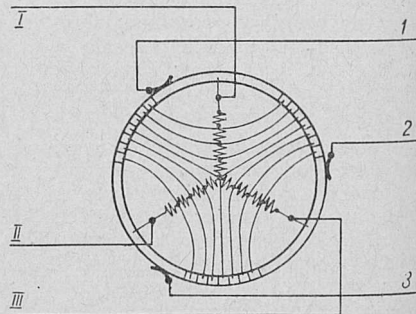
Rys. 16. Rotopót z dławikiem (lub autotransformatorem) nieruchomym, połączonym z komutatorem oszczędnościowym za pomocą pierścieni i szczotek

ruchomym transformatorem jak na rys. 14 (jednakże trójfazowym). W tym ostatnim przypadku należy jednak zastosować większą liczbę pierścieni.

Należy podkreślić, że działanie przetwornicy oszczędnościowej według rys 17 jest zupełnie inne niż oszczędnościowych

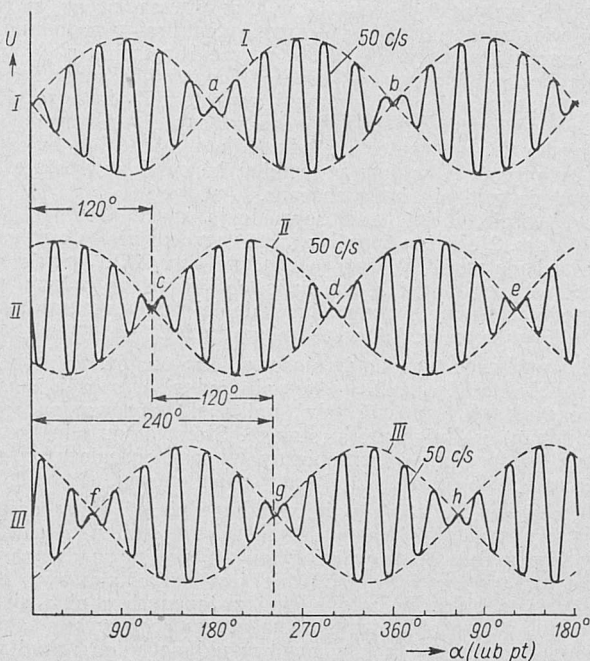
Rys. 17. Rotopót trójfazowy (oszczędnościowy)

Zależnie od kierunku wirowania pola w wirniku (lub dławiku trójfazowym) w stosunku do kierunku wirowania szczotek otrzymujemy zmniejszenie lub zwiększenie częstotliwości (wejście i wyjście trójfazowe)



przetwornic z jednej fazy na trzy (rys. 8). Jeżeli weźmiemy zwykły wirnik silnika asynchronicznego, lecz z uzwojeniem trójfazowym, to zasilając go np. przez trzy pierścienie prądem trójfazowym otrzymamy w nim pole wirujące w pewnym kierunku np. w kierunku strzałki zegara. Jeżeli teraz połączymy komutator, przymocowany do tego wirnika, z zaczeplami wspomnianego uzwojenia wirnika, to na szczotkach (np. trzech) ślizgających się wzdłuż wspomnianego komutatora otrzymamy częstotliwość mniejszą lub większą od częstotliwości doprowa-

dzanej, co zależy od tego, czy wirowanie uzwojeń względem szczotek jest zgodne czy też przeciwne w stosunku do kierunku wirowania pola. Amplituda napięć w tym przypadku nie zmienia się, natomiast zmienia się faza i w rezultacie częstotliwość [7]. Jeżeli teraz wspomniane uzwojenia wirnika połączymy w sposób oszczędnościowy według koncepcji autora pokazanej na rys. 17 (lub trójfazowy transformator z zaczącami, a w każdym razie nie oporniki), to na wyjściu — na zaciskach I, 2, 3 — otrzymamy naprzemian: 1) podczas przebiegania szczotek wzdłuż odcinków komutacyjnych — częstotliwość źródła (I, II, III) plus lub minus częstotliwość wirowania szczotek; 2) podczas przebiegania odcinków niekomutacyjnych — tylko częstotliwość źródła. W ten sposób powstanie średniówka częstotliwości równa $\omega_0 \pm \omega_1$, gdzie $\omega_0 = 2\pi f_0$ — częstotliwość kątowa sieci, $\omega_1 = 2\pi f_1$ — częstotliwość kątowa (z uwzględnieniem liczby par biegunów rotopotu) wirowania



Rys. 18. Napięcie modulowane, z przesunięciem fazy napięć modulujących o 120° (układ z rys. 3)

$$I = U \sin pt, \sin \omega t \quad II = U \sin(pt - 120^\circ) \sin \omega t$$

$$III = U \sin(pt - 240^\circ) \sin \omega t$$

Tego rodzaju napięcia uruchamiają każdy silnik trójfazowy (oczywiście przy odpowiedniej wielkości tych napięć)

szczotek względem komutatora. Zaleta tej koncepcji polega na tym, że wirnik lub transformator jest włączony i obciążony w czasie krótszym (według rys. 17 tylko w $\frac{1}{3}$ czasu) i z tego powodu może być znacznie mniejszy (np. trzykrotnie) oraz powoduje mniejsze straty (np. trzy razy mniejsze *).

4. Zasilanie silników trójfazowych prądami modulowanymi.

Wyobraźmy sobie, że komutator przetwornicy z rys. 3 zasilamy nie napięciem stałym, ale zmiennym $U \sin \omega t$. Wtedy na wyjściu otrzymamy napięcie

$$U_o = \frac{U}{2} \sin \alpha \cdot \sin(\omega t + \varphi),$$

gdzie φ jest pewnym kątem przesunięcia fazowego między α i ωt . Jeżeli szczotki lub komutator obracamy z pewną prędkością względem siebie, to możemy napisać:

$$(5) \quad U_o = \frac{U}{2} \sin(pt) \cdot \sin(\omega t + \varphi),$$

zn. otrzymujemy tutaj właściwie tak zwane napięcie modulowane (z wyeliminowaniem fali nośnej $\sin \omega t$). Przy tym $n = \frac{p \cdot 60}{2\pi}$ jest prędkością obrotową szczotek względem komutatora (rys. 18).

Podany wzór możemy — na podstawie znanych przekształceń trygonometrycznych — napisać w następującej postaci:

$$U_o = \frac{U}{2} \sin(pt) \sin(\omega t + \varphi) = \frac{U}{4} \cos(\omega t - pt + \varphi) - \frac{U}{4} \cos(\omega t + pt + \varphi) \quad \text{jeżeli } \omega > p.$$

*) Autor już opracował rozwiązanie lepsze od podanego na rys. 17.

Z powyższego widzimy, że modulowane napięcie według wzoru (5) jest właściwie dudnieniem dwóch częstotliwości;

$$\text{mniejszej, od } f_0 \text{ i większej od } f_0, \text{ tj. } f_1 = \frac{\omega + p}{2\pi} \text{ i } f_2 = \frac{\omega - p}{2\pi}$$

$$\text{przy czym } \frac{p}{2\pi} = f_1 - f_0 \text{ lub } f_0 - f_2, \text{ albo jeszcze inaczej } \frac{p}{2\pi} = \frac{1}{2} (f_1 - f_2).$$

Jeżeli wobec tego weźmiemy komutator jak na rys. 3, a więc z trzema szczotkami rozstawionymi o kąt 120° od siebie, to otrzymamy dwa pola wirujące w przeciwnych kierunkach (w silniku trójfazowym włączonym do zacisków wyjściowych). Silnik będzie się wtedy obracać w kierunku pola wirującego, z większą częstotliwością, tj. w kierunku pola o częstotliwości $\frac{\omega + p}{2\pi}$. Prędkość obrotowa silnika (przy tym prędkość synchroniczna) będzie równa połowie różnicy prędkości obrotowych pól, czyli

$$n = \frac{[(\omega + p) - (\omega - p)] \cdot 60}{2 \cdot 2\pi} = \frac{p \cdot 60}{2\pi} \text{ obr./min.,}$$

tj. będzie dokładnie odpowiadać prędkości szczotek względem potencjometru na rys. 3.

Jeżeli $p > \omega$, to obydwa pola będą się obracały w tym samym kierunku i n będzie tak samo równe $\frac{p \cdot 60}{2\pi}$ obr./min. W

ten sposób każdy silnik trójfazowy — synchroniczny czy asynchroniczny — normalnej konstrukcji będzie działał w takim urządzeniu jak silnik dudnieniowy, opisany przez autora w 1951 r. [4, 9].

5. Zwiększanie i zmniejszanie częstotliwości.

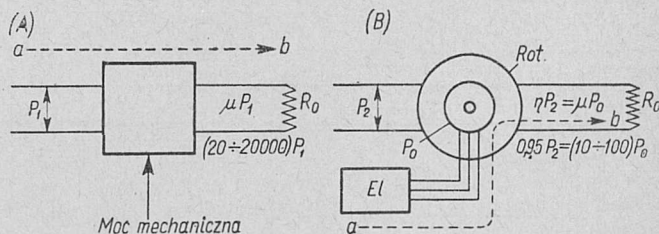
Jeżeli silnik trójfazowy obracający rotopot ma p_1 par biegunów, sam zaś rotopot p_2 , to otrzymywana na wyjściu częstotliwość (modulująca) będzie $f = \frac{p_2}{p_1}$ i zależnie od tego, czy

$p_2 > p_1$, czy też $p_2 < p_1$, otrzymamy zwiększenie (powielanie) lub zmniejszenie (dzielenie) częstotliwości. W tym przypadku wyjściowe częstotliwości (modulujące) nie będą zależały od częstotliwości sieci bezpośrednio, lecz tylko pośrednio, tj. od prędkości obrotowej silnika.

Można jednak zastosować układ różnicowy, np. dwa rotopoty napędzane tym samym silnikiem, przyjąwszy w jednym modulację $U \cdot \sin pt \cdot \sin \omega t$, w drugim zaś $U \cdot \cos pt \cdot \cos \omega t$. Przez odpowiednie połączenie możemy otrzymać sumę lub różnicę tych iloczynów, a więc

$$U \cdot \sin pt \cdot \sin \omega t \pm U \cdot \cos pt \cdot \cos \omega t = U \cdot \cos(\omega t \mp pt).$$

W tym przypadku otrzymamy częstotliwość zależną od częstotliwości sieci i usuniemy modulację. Jeżeli np. $\omega = 2\pi \cdot 50$,



Rys. 19. A. Wzmacnianie mechaniczne mocy w amplidynach, rototrolach itp.

$a - b$ — kierunek wzmacniania μ — współczynnik wzmacnienia

B. Wzmacnianie mocy w rototrolach

$a - b$ — kierunek wzmacniania

El — przyrząd sterowniczy, np. oscylator elektronowy

P_0 — moc pobierana przez silnik obracający rotopot

$\eta P_2 = \mu P_0$ — moc wzmacniona odbierana na obciążeniu R_0

a $p = 2\pi \cdot 25$, to na wyjściu otrzymamy częstotliwość 75 lub 25 c/s, przy żądanej liczbie faz.

Układy tego rodzaju mogą być rozmaite, warunkiem jest jednak modulowanie prądów przesuniętych w fazie przez prądy modulujące — również przesunięte w fazie *).

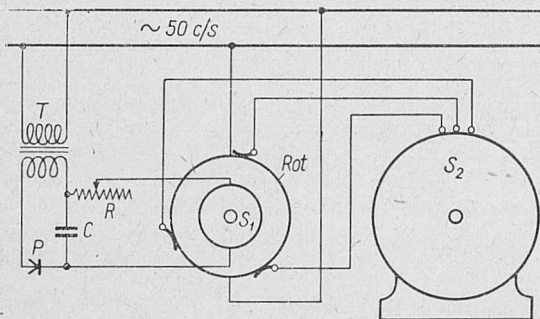
*) Sprawa otrzymywania większych częstotliwości za pomocą rototrolów wybiega poza ramy niniejszego artykułu i będzie opisana w innym miejscu.

6. Wzmacnianie maszynowo - potencjometryczne.

Ponieważ, jak już wyjaśniono wyżej, układy potencjometryczne mogą być tak zbudowane, że będą miały stosunkowo dużą sprawność, i ponieważ do sterowania przebiegów komutacyjnych można stosować małe silniki, przeto moc wyjściowa może być znacznie większa od mocy zużywanej przez silnik napędzający, innymi słowy — otrzymujemy w ten sposób wzmożenie mocy od ~ 10 do 100 w jednym stopniu.

Należy podkreślić, że wzmacnianie za pomocą rotopotów odbywa się w inny sposób niż np. w amplidynach i innych podobnego rodzaju urządzeniach. Sprawę tę wyjaśnia rys. 19 (A i B). W amplidynie (rys. 19A) przebieg o mocy wejściowej P_1 (i to tylko prądu stałego) doprowadzamy jako wzbudzenie do maszyny prądu stałego. Do wirnika doprowadzamy moc mechaniczną i na wyjściu otrzymujemy ten sam przebieg, jednakże o mocy zwiększonej μP_1 (gdzie μ jest współczynnikiem wzmożenia). Kierunek procesu wzmacniającego jest wtedy $a \rightarrow b$, jak podano na rys. 19A.

Przy wzmacnianiu za pomocą rotopotów źródłem, które dostarcza mocy dodatkowej, nie jest źródło mechaniczne, ale po prostu sieć elektryczna, tym nie tylko prądu stałego, ale również prądu zmiennego (np. sieć trójfazowa). Moc wejściowa P_0 (rys. 19B) może pochodzić np. z przyrządu elektronowego (łatwo regulowanego) np. z oscylatora El w postaci pewnej częstotliwości zmiennej. Moc ta może być również prądu stałego



Rys. 20. Prosty układ do regulacji obrotów silnika asynchronicznego S_2 (trójfazowego) i zasilania go z sieci jednofazowej

T — transformator małej mocy S_1 — silnik prądu stałego np. na
np. 300 W S_2 — 250 W (szeregowy lub inny)
 P — prostownik R_t — rotopot
 C — kondensator S_2 — silnik większej mocy, np. 8 kVA
 R — opornik regulacyjny

go (np. z prostownika) i służy do nadawania ruchu silnikowi, który z kolei obraca rotopot (Rot) przetwarzający prąd o mocy np. P_2 na odpowiednią częstotliwość (zależną od konstrukcji rotopotu) przy zasilaniu prądem stałym lub na odpowiednią modulowaną częstotliwość prądu zmiennego, przy zasilaniu prądem zmiennym. Moc wyjściowa (sterowana) μP_0 jest w ten sposób większa od mocy sterowniczej, tj. od P_0 . Jeżeli silnik sterowniczy (obracający rotopot) będzie wykonywał pewne zmiany prędkości obrotowej na skutek regulacji przez przyrząd El , to na wyjściu

jednakże przy wzmożonej mocy. Kierunek procesu wzmacniającego $a \rightarrow b$ będzie taki, jaki podano na rys. 19B.

Z powyższego wynika, że gdy w amplidynach, rototrolach itp. mamy zasadniczo wzmacnianie mocy prądu stałego w zależności od odpowiednich przebiegów regulacyjnych, to w rotopotach mamy wzmacnianie mocy prądu zmiennego o pewnej częstotliwości (przy pewnej fazie) również w celach regulacyjnych.

Przykład takiego wzmożenia w celach regulacyjnych widzimy na rys. 20. Tu silnik asynchroniczny S_2 jest sterowany przez rotopot Rot , który otrzymuje napęd z silnika S_1 (np. 250 W), zasilanego przez transformator T i prostownik P z tej samej sieci, co i rotopot Rot . W tym przypadku za pomocą stosunkowo małego opornika R (np. 200 W) możemy zmieniać modulującą częstotliwość rotopotu w szerokich granicach i w ten sposób możemy zmieniać prędkość silnika asynchronicznego S_2 o mocy np. 8 kVA w granicach np. od 500 do 5000 obr./min. Stosunek wzmacniania będzie w tym przypadku np. $\mu = 32$. Przy większych mocach współczynnik ten prawdopodobnie może być znacznie większy, ale nawet przy ograniczeniu μ do wymienionej liczby 32 osiągnięte korzyści (np. zmniejszenie kosztów) w porównaniu z innymi znanymi systemami będą znaczne. Należy dodać, że nic nie przeszkadza włączyć w schemacie z rys. 20 między transformator i silnik S_1 amplidynę lub inne podobne urządzenie. I w tym przypadku korzyści powstające przez stosowanie rotopotu będą znaczne.

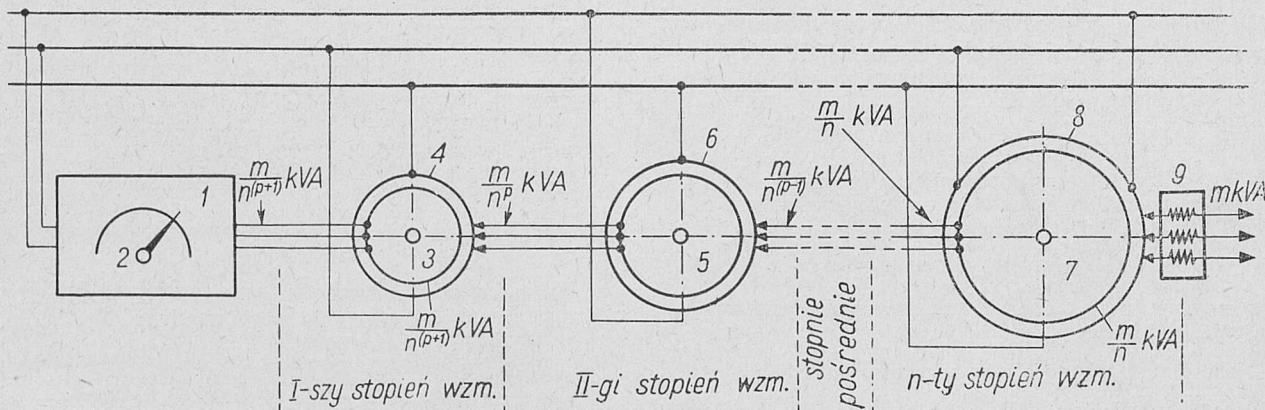
Oczywiście, można zastosować całą kaskadę rotopotów np. według rys. 21. W ten sposób ogólne wzmożenie osiągnięte przez całą kaskadę może być bardzo znaczne (np. 10^6). Jednakże liczba potrzebnych stopni będzie duża, co jest swego rodzaju wadą, i dlatego w pewnych przypadkach lepiej jest stosować wzmacnianie kombinowane, jak wspomniano wyżej.

Z powyższego wynika, że stosowanie rotopotów pozwala osiągać podobne cele, co układ Leonarda, jednak w sposób konstrukcyjnie prostszy i tańszy, gdyż unika się stosowania prądnicy (amplidyn) i silnika prądu stałego. Sterowanym silnikiem może być każdy silnik synchroniczny lub asynchroniczny zasilany przez rotopot o odpowiedniej mocy znamionowej.

W układzie Leonarda zmiana wzbudzenia prądnicy daje prawie natychmiastowe zmiany napięcia na silniku sterowanym. Przy użyciu rotopotów przebieg ten (to znaczy w danym przypadku zmiana częstotliwości) nie jest natychmiastowy, ponieważ masy zamachowe rotopotów i związanych z nimi silników powodują pewne opóźnienie. Moment zamachowy silnika sterowanego pozostaje jednak w obydwu układach ten sam i w porównaniu z nim kaskadowo włączone rotopoty z silnikami o znacznie mniejszym momencie zamachowym odgrywają mniejszą rolę. Zresztą istnieją zastosowania, np. w maszynach tkackich, gdzie zmiana prędkości obrotowej nie potrzebuje być natychmiastowa.

7. Sprężenie zwrotne (obniżanie prędkości obrotowej i jej stabilizacja).

Zagadnienie to można przeanalizować przy pomocy rys. 22. Widzimy tu silnik asynchroniczny 2, na którego wale jest umieszczona mała przetwornica 1 o częstotliwości 50 c/s modulowa-



Rys. 21. Wzmacnianie maszynowo-potencjometryczne

Ogólne wzmożenie mocy 10^6 i więcej

1 — urządzenie elektroniczne do regulacji prędkości silnika 3 2 — kondensator obrotowy zmieniający częstotliwość
3, 5, 7 — silniki asynchroniczne 4, 6, 8 — rotopoty 9 — bezpieczniki

otrzymamy analogiczne zmiany częstotliwości względnie częstotliwości modulowanej (zależnie od tego, czy mamy zasilanie prądem stałym, czy zmiennym) i włączony na wyjściu (zamiast opornika R_0) silnik synchroniczny odtworzy te same zmiany,

nej, z odejściem trójfazowym, które z kolei uruchamia silnik asynchroniczny 3; ten w dalszej kolejności obraca przetwornicę 4 o zwiększonej (przykładowo) liczbie biegunów, równej p_2 . Przetwornica 4 dostarcza prądu do silnika 2.

ciążenia spiczaste linie schodków z rys. 4 ulegały zaokrągleniu. W ten sposób sinusoidy schodkowe zmieniały się w sinusoidy fałiste.

Należy podkreślić, że ani przy niedociążeniu, ani przy znacznym przeciążeniu nie zauważono żadnego iskrzenia. Wynik taki osiągnano przy stosunkowo małych napięciach wejściowych. Uprawnia to do przypuszczenia, że przy większych napięciach i większych mocach iskrzenie będzie nieznaczne lub też możliwe do usunięcia przez właściwą konstrukcję.

Próbowano poruszania silników (asynchronicznych i synchronicznych) przyłączanych do rotopotu według rys. 3, tj. obciążanie rotopotu mieszaną opornością omowo-indukcyjną, przy czym omowemu uzwojeniu rotopotu. Worniki odnośnych silników wykonywały obroty zależne od szybkości obrotów silnika obracającego rotopot. Silniki asynchroniczne, oczywiście, wykazywały pewien poślizg w stosunku do obrotów rotopotu. W ten sposób została potwierdzona wyżej podana teoria o wirującym polu, powstającym przy modulacji prądu jednofazowego przez przesunięcie w fazie szczotki rotopotu.

Przy próbach poruszania silników zauważono, że jeżeli obciążający silnik posiada względnie małą oporność omową (tj. przy znacznym przeciążeniu) i rotopot obraca się niezbyt szybko, to wornik odnośnego silnika porusza się skokami.

Powyższe wyniki upoważniają do przypuszczeń, że i inne koncepcje dotąd doświadczalnie nie sprawdzone (np. stabilizacja) są uzasadnione.

9. Uwagi końcowe.

Najprostszym i stosunkowo najtańszym urządzeniem jest rotopot z dopływem jednofazowym i wyjściem trójfazowym. Przy dużych mocach lepiej jest stosować przetwornice trójfazowe z wejściem trójfazowym typu indukcyjnego, jednakże z ograniczoną komutacją. Istnieją jednak przypadki, w których do samego końca (tj. do końca kaskady wzmacniającej) należy stosować przetwornice z jednej fazy na trzy fazy (i więcej). Do takich przypadków należą np. koleje elektryczne zasilane prądem zmiennym.

MGR INŻ. HIERONIM ŁUKOMSKI
ZWAWN - Warszawa

O zmiennej oporności odgromników zaworowych

621.316.933.9:621.3.028

Treść. Podano schemat ideowy opornika do odgromników zaworowych i porównano z nim sposób działania różnych znanych oporników • zmiennej oporności. Wytlumaczono w nowy sposób zaworowość i obciążalność płytek zmienne-oporowych karborundowych.

Переменное сопротивление вентильных разрядников. Дается идейная схема реостата для вентильных разрядников и сравнение с ней способов действия различных известных реостатов переменного сопротивления. Новое объяснение вентильного действия и нагрузочной способности карборундовых дисков переменного сопротивления.

Variable resistance of valve arresters. The article contains a notional diagram of a valve arrester resistor and a comparison between this diagram and the operation of various familiar types of variable resistors. A novel explanation of valve action and load capacity of variable resistance carborundum discs.

1. Wstęp.

Zadaniem odgromników jest odprowadzanie do ziemi ładunków elektrycznych spiętrzonych na linii na skutek wyładowań atmosferycznych i tak szybkie likwidowanie powstających przy tym zwarć z ziemią, aby nie było potrzeby wyłączenia sieci za pomocą wyłączników. Ładunki elektryczne, o których mowa, są stosunkowo bardzo małe. Najczęściej wynoszą one ledwie drobny ułamek kulomba, gdyż ładunek elektryczny pioruna waha się w granicach od 1 do 160 kulombów, a po uderzeniu pioruna tylko nieznaczna część tego ładunku pozostaje na przewodzie linii. Jednak te drobne ładunki elektryczne są tak silnie spiętrzone, że płynąc po przewodach linii dają udary napięciowe sięgające milionów woltów i udary prądowe o natężeniu dochodzącym do dziesiątków tysięcy amperów. Z tego powodu są one bardzo niebezpieczne dla urządzeń elektrycznych [1].

Odgromnik zaworowy umieszcza się w pobliżu obiektu, który ma być chroniony od przepięć atmosferycznych. Łączy się go z siecią i uziemieniem. W ten sposób zostaje on włączony do pracy, ale nie działa, ponieważ iskiernik odgromnika stanowi przerwę oddzielającą linię od ziemi. Zadziałanie odgromnika następuje wówczas, kiedy na nim zjawi się przepięcie przekraczające napięcie zapłonu iskiernika. Po zadziałaniu odgromnik musi przepuścić prąd wyładowczy i przerwać płynięcie prądu następczego [1].

2. Zadanie i schemat działania opornika w odgromniku zaworowym.

Na przykładzie sieci o napięciu znamionowym 15 kV rozpatrzmy, jakie cechy powinien mieć opornik odgromnika, aby

Układ do regulacji prędkości obrotowej należy stosować w ten sposób, żeby najwięcej czułe urządzenia (np. elektronowe) znajdowały się w stopniach małej mocy, tj. na początku kaskady rotopotów. Wtedy można osiągnąć duże sprawności ogólne i łatwość sterowania. W celu podwyższenia sprawności przy dużych mocach należy zawsze stosować komutatory z ograniczoną do pewnego kąta komutacją.

Ze względu na łatwość maszynowego wzmocnienia opisane układy z rotopotami powinny całkowicie nadawać się do wszelkiego rodzaju urządzeń automatycznych w sieciach elektrycznych. Opis szeregu koncepcji, które nasuwają się same przez się na podstawie dokonanych prób i analizy teoretycznej (np. działanie prostownikowe, kompensacja fazy i inne), będą przedmiotami dalszych publikacji.

Autor pragnie złożyć w tym miejscu podziękowanie tym instytucjom i osobom, które okazały mu pomoc i zachętę w jego pracy, a w szczególności prezesowi spółdzielni „Elektrosprzet” ob. Władysławowi Kielińskiemu i kierownikowi technicznemu tejże spółdzielni ob. Wojciechowi Pustole.

LITERATURA

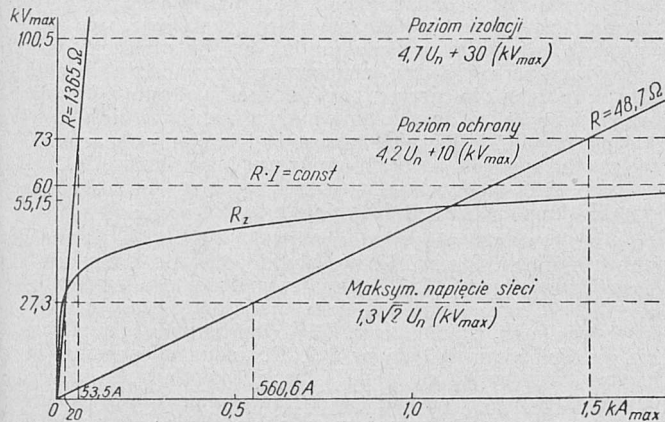
- [1] Dimitriew E. I. Potencjomietricheskie i mostkowe szczytowanie rieszajuszczije schimy (Izw. Akad. Nauk ZSRR, 1948, 8, str. 1279-1296).
- [2] Piliér P. M. Pomiar elektryczne wielkości mechanicznych, PWT, Warszawa, 1953 (Przypisek IV).
- [3] Plebański J. Potencjometr sinusoidalny (Przegl. Telekom., 1951, nr 10 i 11).
- [4] Plebański J. Silnik dudnieniowy (Przegl. Telekom., 1951, nr 9, str. 264).
- [5] Plebański J. Przesuwniki fazowe (Przegl. Telekom., 1952, nr 10 i 11, str. 318 i 319).
- [6] Wiener N. Cybernetics, 1948, str. 113.
- [7] Haberland G. Wechselstrom-Maschinen, 1950, str. 164.
- [8] Electrical phase control system. U.S.A. Patent 2, 241, 615 — 1941, J. Plebański.
- [9] Patent Brytyjski nr 630, 455, J. Plebański.
- [10] Piotrowski L. M. Elektryczeskie maszyny, 1952, str. 455.
- [11] Zgłoszenie patentu P.Rz.L. N77694-1953, J. Plebański.
- [12] Pełczewski W. Zasada działania amplitudny (Przegl. Elektr., 1953).
- [13] Pełczewski W. Wzmacniacze elektromaszynowe, PWT, 1954.
- [14] Say M. G. Rotating amplifiers, 1954.

ten spełniał swoje zadanie. Jak pracowałby odgromnik mający opornik o stałej oporności elektrycznej? Rozpatrzmy odgromnik złożony z normalnego dobrego iskiernika do odgromnika na 15 kV i z opornika o stałej oporności, przez który mógłby przepłynąć prąd wyładowczy o natężeniu np. 1500 A przy napięciu na odgromniku nie przekraczającym poziomu ochronnego. Pomijając oporność elektryczną iskiernika w chwili przepływu prądu, jako stosunkowo małą, łatwo obliczyć, że stała oporność naszego opornika powinna wynosić około 48,7 oma (rys. 1). Ale również łatwo jest obliczyć, że w odgromniku tym płynąłby prąd następczy o natężeniu dochodzącym do około 560 A. Tymczasem iskierniki stosowane w odgromnikach zaworowych przerywają prądy następcze rzędu 20—80 A. Toteż po każdym zadziałaniu przyjętego odgromnika zanik łuku w iskierniku nie nastąpiłaby i sieć byłaby uziemiona poprzez odgromnik aż do czasu wyłączenia jej spod napięcia. Wobec tego zwiększony oporność stała opornika do takiej wartości, przy której prąd następczy byłby tak ograniczony, że przerywałby go każdy dobry iskiernik. Dla prądu następczego 20 A z obliczenia wypada oporność opornika 1365 Ω , ale w odgromniku tym przy napięciu równym poziomowi ochronnemu sieci może płynąć prąd wyładowczy o natężeniu nie większym niż 53,5 A (rys. 1), czyli stosunkowo bardzo mały. Przy prądzie wyładowczym 1500 A napięcie na odgromniku wzrosłoby do 2047 500 woltów! Oto z jakich powodów nie można zbudować dobrego odgromnika stosując w nim opornik o stałej oporności.

Idealem byłby opornik o własnościach zaworu mechanicznego, który przy nastawionym napięciu np. na 60 kV_m (prosta $R \cdot I = \text{const.}$, rys. 1) zdolny byłby przepuścić każdy udar prądowy, a przy niższym napięciu wcale nie przepuszczałby prądu.

Oporność takiego opornika zmieniałaby się odwrotnie proporcjonalnie do natężenia prądu. Ideal taki dotąd nie jest osiągnięty, natomiast zdołano zbudować oporniki, których oporność jest bardzo duża przy prądach małych i bardzo silnie maleje ze wzrostem natężenia prądu. Taką zmianę oporności opornika przedstawia krzywa R_z na rys. 1. W naszym przykładzie oporność opornika przy prądzie wyładowczym 1500 A wynosi około 36,8 Ω , a przy napięciu 27,3 kV — 2730 Ω , a więc prąd następczy może mieć natężenie tylko około 10 A.

Sposób działania takich oporników o zmiennej oporności można przedstawić za pomocą schematu podanego na rys. 2. Opornik o zmiennej oporności jest zbudowany niejako z wiel-

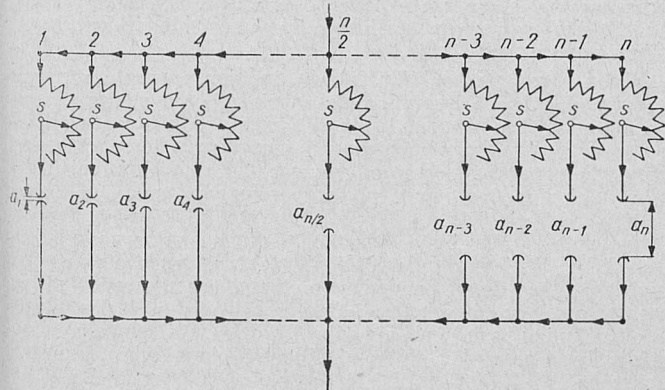


Rys. 1. Oporność odgromnika zaworowego na 15 kV

kiej liczby jednakowych oporników elementarnych połączonych równolegle; każdy z nich ma właściwą przerwę iskrową, toteż do przepływu prądu potrzebne jest pewne napięcie początkowe, które przebijaloby tę przerwę. Oporniki elementarne różnią się długością przerw iskrowych, a więc przy nadejściu fali prąd płynie najpierw przez te oporniki elementarne, które wymagają niższego napięcia do przebicia przerwy. W ten sposób w miarę wzrastania napięcia na oporniku prąd płynie przez coraz większą liczbę oporników elementarnych połączonych równolegle. Skutek jest taki, że ogólna oporność opornika gwałtownie maleje zgodnie ze wzorem:

$$(1) \frac{1}{R} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} + \dots + \frac{1}{r_n} = \frac{n}{r}, \text{ czyli } R = \frac{r}{n}.$$

Jeżeli np. oporniki elementarne miałyby oporność początkową $r = 10\,000 \Omega$, to oporność opornika R malałaby ze wzrostem liczby czynnych oporników elementarnych, jak podano w tabl. I.



Rys. 2. Schemat opornika o zmiennej oporności

1, 2, ..., n — oporniki elementarne
 $a_1, a_2, \dots, a_n$ — przerwy iskrowe tych oporników
 s — strzałka, która przesuwana jest pod wpływem prądu płynącego przez dany opornik tak, że początkowa oporność jego maleje, a następnie silnie wzrasta

Po przejściu szczytowego napięcia na oporniku odgromnika zaczyna spadać. Jednocześnie oporność czynnych już oporników elementarnych silnie wzrasta pod wpływem przepływającego przez nie prądu, a więc łuki elektryczne w iskrownikach oporników elementarnych kolejno gasną. W ten sposób po minięciu szczytowego napięcia fali coraz mniejsza liczba oporników elementarnych bierze udział w przewodzeniu prądu, a ich oporność elektryczna wzrasta coraz więcej; wskutek

tego oporność całkowita opornika R po przejściu fali gwałtownie wzrasta i ostateczny wynik jest taki, że oporność odgromnika zmienia się w sposób przedstawiony za pomocą krzywej R_z na rys. 1.

Schemat powyższy dobrze tłumaczy zmienność oporności opornika R , ale pozostaje do wyjaśnienia, co w opornikach o zmiennej oporności odpowiada opornikom elementarnym i ich

Tablica I. Zmiany oporności całkowitej opornika R w zależności od liczby czynnych oporników elementarnych w oporności $r = 10\,000 \Omega$

Liczba czynnych oporników elementarnych	Oporność całkowita opornika R (Ω)
1	10000
10	1000
100	100
1000	10
10000	1
100000	0,1

iskrownikom oraz dlaczego przepływ prądu elektrycznego powoduje tak silny wzrost ich oporności, że po upływie pewnego czasu prąd w nich zanika.

3. Z czego można by zbudować opornik o zmiennej oporności?

We wzorze ma oporność elektryczną ciała w temperaturze t

$$(2) R_t = R_0 (1 + kt)$$

współczynnik k ma wartość prawie stałą dla danego ciała, ale różną dla różnych ciał. Wartość współczynnika k dla większości metali waha się w granicach od 0,003 do 0,005. Dla kilku stopów metalicznych (konstantan, manganin itp.) współczynnik ten jest prawie równy zero. Natomiast dla niektórych ciał stałych (grafit, magnezja) oraz dla roztworów elektrolitów współczynnik k ma wartość ujemną, tzn. oporność tych ciał maleje ze wzrostem temperatury.

Zmian oporności elektrycznej ciał ze zmianą temperatury nie można jednak wyzyskać do budowy oporników, które pracowałyby zgodnie z podanym wyżej schematem, gdyż wartość współczynnika k jest na ogół za mała i oporność ciała na skutek grzania się przy przepływie prądu elektrycznego stale maleje, bądź stale wzrasta — zależnie od znaku współczynnika k . Ten sam opornik nie może więc stworzyć warunków korzystnych dla przepływu prądu wyładowczego i do przerywania prądu następczego.

Prawo Ohma nie ma jednak zastosowania do ciał, które łatwo ulegają zmianom pod wpływem ciepła lub działania prądu elektrycznego. Na ogół są to ciała i układy niejednorodne pod względem fizycznym lub chemicznym. W tych ciałach lub układach przepływ prądu lub zmiany temperatury mogą wywołać takie procesy fizyczne, fizyko-chemiczne lub chemiczne, które w sposób bardzo silny zmieniają ich oporność elektryczną. Wobec tego opornik do odgromnika zaworowego może być zbudowany tylko z ciała fizycznie lub chemicznie niejednorodnego, albo z niejednorodnego układu ciał, w którym na granicach lub w głębi faz na skutek doprowadzonego napięcia i przepływu prądu elektrycznego powstają takie procesy, że początkowo — przy wzroście napięcia — oporność ciał coraz bardziej maleje, a następnie gwałtownie wzrasta.

Dotąd do budowy oporników do odgromników zaworowych starano się wykorzystywać następujące zjawiska, występujące w układach wielofazowych lub niejednorodnych chemicznie: a) reakcje chemiczne, b) reakcje elektrochemiczne, c) adsorpcję jonów i wchłanianie elektronów przez ścianki szczelin, w których pali się łuk elektryczny, d) palenie się łuku elektrycznego w wąskich kanalikach, e) zjawiska kontaktowe w miejscach styku drobnych ziarenek oraz specjalne własności karborundu.

4. Opornik z dwutlenku ołowiu.

Opracowanie pierwszych odgromników zaworowych, które powstały około roku 1918, musiało poprzedzić rozumowanie zbliżone do podanego w poprzednich rozdziałach. Opornik o zmiennej oporności do pierwszych odgromników zaworowych zbudowano w postaci słupa składającego się z warstewek sproszkowanego dwutlenku ołowiu (PbO_2), otoczonych pierścieniami porcelanowymi i poprzedzielanych płytkami metalowymi. Późniejsze udoskonalone odgromniki tego rodzaju miały słup oporowy utworzony z kulek dwutlenku ołowiu zamkniętych w izolatorze porcelanowym z metalowymi podstawami [3,4].

Dwutlenek ołowiu (PbO_2) łatwo rozkłada się na tlenek ołowiu (PbO) i tlen. Reakcja zaczyna się na powierzchni ziaren PbO_2 i w zwykłej temperaturze ustaje z chwilą, kiedy ziarenka zostaną pokryte cienką warstwą PbO , która zahamuje ulatnianie się tlenu powstającego z rozkładu PbO_2 . Z tego powodu ziarenka PbO_2 znajdujące się w słupie oporowym odgromnika są normalnie pokryte warstwą PbO .

Dwutlenek ołowiu jest dość dobrym przewodnikiem elektryczności, natomiast tlenek ołowiu jest izolatorem. W chwili zadziałania odgromnika wysokie napięcie przebija powłokę tlenkową na licznych ziarenkach dwutlenku ołowiu i w tych miejscach płynie prąd przez słup oporowy. W miarę wzrastania napięcia powłoka tlenku ołowiu zostaje przebita w coraz większej ilości miejsc i prąd płynie coraz liczniejszymi strumieniami. Z tego powodu oporność elektryczna słupa gwałtownie maleje. Ale ciepło, które wydzielą się na skutek przepływu prądu elektrycznego, powoduje szybki rozkład dwutlenku ołowiu i obnażone powierzchnie ziaren dwutlenku ołowiu w miejscach przepływu prądu pokrywają się na nowo warstwą tlenku (PbO), co coraz bardziej hamuje przepływ prądu w poszczególnych strumieniach. Ostatecznie przy obniżaniu się napięcia na słupie po przejściu fali ilość przewodzących strumieni maleje tak bardzo, że oporność elektryczna słupa staje się dostatecznie duża i łuk elektryczny w iskierniku odgromnika gaśnie.

W eksploatacji okazało się, że odgromniki zaworowe z dwutlenkiem ołowiu łatwo ulegają uszkodzeniu, musiano więc szukać innego rozwiązania.

5. Odgromniki elektrolityczne.

Do odgromników, w których zmienność oporności uzyskuje się głównie z wykorzystania reakcji elektrochemicznych, należą odgromniki elektrolityczne, znane co najmniej od roku 1928 [4]. Opornikiem jest tu naczynie z elektrolitem i zanurzonymi w nim elektrodami. Jako elektrolitu używa się roztworu wodnego soli lub słabych kwasów (soda, chlorek wapnia, kwas borny, kwas karbolowy lub kwas winowy). Elektrodami są płytki aluminiowe pokryte warstwą tlenku glinu, który posiada dużą oporność elektryczną. Wymiary i wzajemną odległość elektrod dobiera się tak, aby oporność elektrolitu plus oporność warstwek pokrywających elektrody dostatecznie ograniczała prąd następczy.

Przy przejściu warstewki ochronne na elektrodach ulegają przebiegu w wielu miejscach, na skutek czego oporność opornika gwałtownie maleje i przez odgromnik może płynąć nawet bardzo silny prąd wyładowczy. Po przejściu fali prąd następczy powoduje ponowne utlenienie się elektrod w miejscach obnażonych i sam sobie zagradza drogę [3].

Odgromniki elektrolityczne stosowano przede wszystkim do ochrony urządzeń elektrycznych prądu stałego, np. trakcyjnych. Przy prądzie zmiennym regeneracja warstewki tlenkowej na elektrodach aluminiowych następuje znacznie trudniej.

Odgromniki elektrolityczne wymagają stałego dozoru: w lecie elektrolit może wyparować, a w zimie zamarzać; po odłączeniu od sieci albo po dłuższej przerwie w zasilaniu sieci warstewka nieprzewodząca na elektrodach ulega rozpuszczeniu w elektrolicie [3].

6. Wyzyskanie adsorpcji jonów.

W dalszych badaniach zwrócono uwagę na decydujący wpływ szybkości dyfuzji na dejonizację przestrzeni łuku elektrycznego. Dejonizacja na skutek dyfuzji może być od 100 do 10^6 razy szybsza niż z powodu rekombinacji jonów [5]. Łuk elektryczny, który pali się w wąskiej szczelinie pomiędzy płytkami z przewodników względnie z półprzewodników, gaśnie znacznie łatwiej niż łuk w przestrzeni otwartej, a to na skutek adsorpcji jonów i wchłaniania elektronów przez te płytki. Zaczęto więc budować słupy oporowe do odgromników z płytek węglowych poprzedzielanych cieniutkimi warstewkami powietrza [2]. W normalnych warunkach oporność elektryczna słupa jest bardzo duża. Przepięcie powoduje przebite warstwek powietrza zamkniętych pomiędzy płytkami i oporność słupa gwałtownie maleje, tak że on może przepuścić prąd wyładowczy o dużym natężeniu. Po przejściu fali, kiedy napięcie na słupie obniży się, łuki elektryczne w wąskich szczelinach gasną na skutek adsorpcji jonów oraz wchłaniania elektronów przez płytki ograniczające szczeliny. Wtedy oporność elektryczna słupa staje się z powrotem bardzo duża.

Odgromniki zaworowe z opornikami zbudowanymi na powyższej zasadzie zostały opracowane w USA około roku 1926 i nazwana typem „autovalve” [4]. Słup oporowy tych odgromników był zbudowany z krążków węglowych poprzedzielanych pierścieniami mikowymi. Odgromniki te wkrótce ustąpiły miejsca odgromnikom z płytkami porowatymi.

7. Odgromniki z płytkami porowatymi.

Punktem wyjścia do budowy opornika do odgromników zaworowych z materiałów porowatych było stwierdzenie, że charakterystyka łuku w małych porach przebiega inaczej niż w przestrzeni otwartej [5,6]. Oporność elektryczna łuku palącego się w wąskim kanalikule początkowo spada, a następnie silnie wzrasta, gdyż zwiększanie się przekroju łuku w miarę wzrastania natężenia prądu jest ograniczone przekrojem kanalika. Według Slepiana [6] zapalenie się łuku w bardzo drobnych kanalikach następuje przy pełnym prądzie, jaki dany kanalik jest zdolny przepuścić, tak że przy dalszym wzroście prądu napięcie na kanalikule silnie wzrasta. Natomiast przy obniżaniu się natężenia prądu łuk w kanalikule pali się przy prądach mniejszych od prądu maksymalnego dla danego kanalika. Dopiero po znacznym spadku napięcia na kanalikule łuk w nim wreszcie gaśnie. Jeżeli więc opornik będzie zbudowany z materiału o bardzo drobnych porach, to przy wzroście doprowadzonego napięcia oporność jego będzie gwałtownie malała, ponieważ ilość porów, w których zapali się łuk elektryczny, będzie silnie wzrastała. Po przejściu fali napięcie na odgromniku znacznie obniży się, wskutek czego łuki elektryczne w porach będą gasły i całkowita oporność słupa będzie gwałtownie wzrastała.

Według patentu polskiego nr 19447, 3.III.1934, firmy Westinghouse Electr. Manuf. Comp. płytki porowate produkuje się z masy zawierającej 75% gliny, wypalanej w temperaturze około 1300°C , a następnie zmielonej na drobny proszek o przepisanej wielkości ziaren, oraz 25% karborundu handlowego o ziarnistości od nr 100 do nr 220. Dokładną mieszaninę gliny z karborundem zwilża się wodą i prasuje pod naciskiem około 1000 kg/cm^2 . Wyprasowane płytki zamknięte w rurach grafitowych wypala się w temperaturze około 1360°C . Podczas wypalania do porów w płytkach przenika CO_2 , który tam rozkłada się na CO i C , po wypaleniu więc wszystkie pory w płytkach są wysłane węglem. Płytki, które przed wypaleniem były białe, po wypaleniu mają czarny przełom w każdej najdrobniejszej swej części. Przy tym ilość węgla wysycającego pory nie powinna wypadać za duża, gdyż spadek napięcia na przewodzących ściankach pory musi być większy niż najmniejszy spadek napięcia niezbędny do podtrzymania łuku w małych porach. Płytki o średnicy 5 cm wykonane według tego patentu miały wytrzymać „około 1500 wyładowań prądu po 1000 A każde”.

Pierwsze odgromniki, w których słupem oporowym były walce z masy porowatej, zaczęto produkować około roku 1929 [4]. W tym czasie rozpoczął się szybki rozwój produkcji odgromników zaworowych. Współzawodnictwo pomiędzy producentami wkrótce doprowadziło do powstania licznych odmian odgromników zaworowych. Wszystkie te odgromniki miały oporniki z masy porowatej, której nadawano rozmaite nazwy własne. Głównym składnikiem płytek porowatych była glina, do której dodawano różne substancje przewodzące: grafit, opłiki metali lub sproszkowane stopy metaliczne, ale przede wszystkim karborund, który z czasem stał się głównym składnikiem płytek zmienno-oporowych [3,4].

Płytki porowate po kilku latach stopniowo wyszły z użycia, prawdopodobnie na skutek małej obciążalności udarowej oraz z powodu bardzo dużych trudności przy produkowaniu ich. W roku 1934 w Niemczech wrócono jeszcze do poprzednich idei. Firma Siemens zbudowała odgromnik („Kathodenfallableiter”), który miał słup oporowy z płytek porowatych poprzedzielanych warstewkami powietrza. Płytki porowate w postaci krążków z otworem pośrodku były wykonane z gliny i karborundu (około 20% SiC). Wzajemne odległości płytek, tzn. grubość warstwek powietrza zawartego pomiędzy płytkami, regulowano za pomocą wkładek mikowych tak, aby one wynosiły od 0 do $0,1\text{ mm}$. W odgromniku tym wyładowania iskrowe występowały w porach płytek i pomiędzy płytkami. Konstrukcja ta wkrótce została zarzucona.

8. Karborund odgromnikowy.

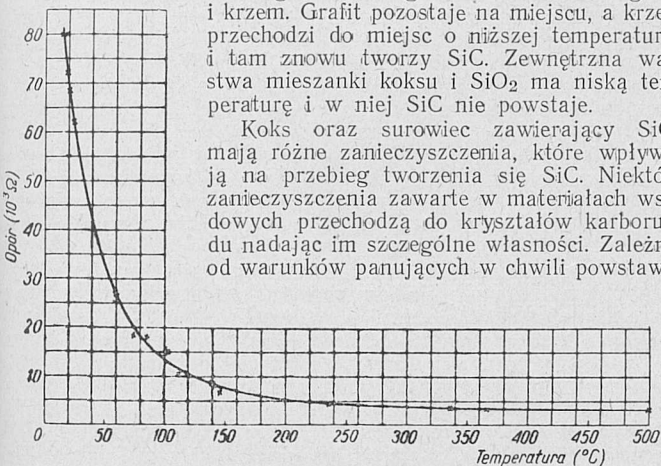
Karborund, ciało stałe krystaliczne, o twardości zbliżonej do diamentu, jest związkiem chemicznym krzemu i węgla, o wzorze SiC . Krystalki czystego SiC są przezroczyste jak woda. Mała ilość zanieczyszczeń nadaje im zabarwienie żółte, zielonkawe, niebieskawe itp. Ze wzrostem zanieczyszczeń wzrasta intensywność zabarwienia krystałów i zmniejsza się ich przezroczystość. Silnie zanieczyszczone krystalki karborundu są czarne i nieprzezroczyste. Karborund jest dobrym przewodnikiem ciepła i ma bardzo mały współczynnik rozszerzalności cieplnej.

Karborund jest bardzo odporny na czynniki chemiczne. Trawiony w roztworze silnych kwasów albo w roztworze silnych zasad nie ulega żadnym zmianom, za pomocą więc trawienia

można kryształki karborundu oczyścić od domieszek rozpuszczalnych w kwasach lub zasadach. Karborund jest odporny na działanie wysokich temperatur. Po ogrzaniu do temperatury wyższej niż 1650°C karborund nie topi się, lecz utlenia się pozostawiając grafit i SiO_2 .

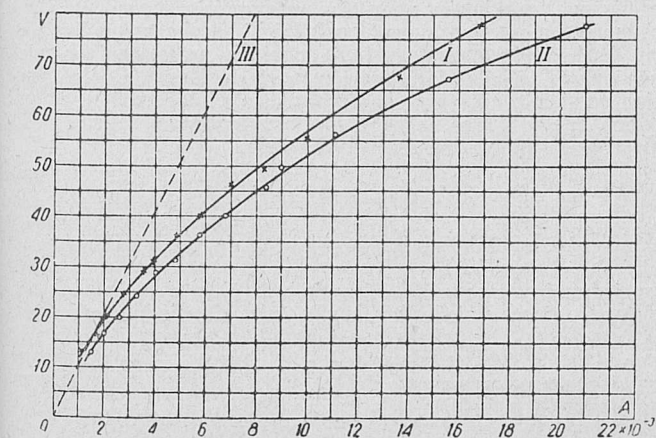
Karborund otrzymuje się z mieszaniny koksu i SiO_2 . Mieszaninę tę ogrzewa się do temperatury, w której węgiel rozkłada SiO_2 , tak że powstaje CO i Si. Wówczas uwolniony Si łączy się z pozostałym węglem dając SiC. Przyjmuje się, że Si łączy się z C na SiC w temperaturach od 1480 do 1980°C. Proces prowadzi się w elektrycznym piecu oporowym. Mieszanina koksu i SiO_2 tylko wewnątrz zostaje ogrzana do temperatury około 2000°C, dalej od środka pieca temperatura jest coraz niższa. W środku pieca na skutek bardzo wysokiej temperatury część powstałego SiC ulega rozkładowi na grafit i krzem. Grafit pozostaje na miejscu, a krzem przechodzi do miejsc o niższej temperaturze i tam znowu tworzy SiC. Zewnętrzna warstwa mieszaniny koksu i SiO_2 ma niską temperaturę i w niej SiC nie powstaje.

Koks oraz surowiec zawierający SiO_2 mają różne zanieczyszczenia, które wpływają na przebieg tworzenia się SiC. Niektóre zanieczyszczenia zawarte w materiałach wsadowych przechodzą do kryształów karborundu nadając im szczególne własności. Zależnie od warunków panujących w chwili powstawa-



Rys. 3. Oporność elektryczna kryształka karborundu w różnych temperaturach (O. Weigel)

nia atomy Si i C w kryształach karborundu mogą ułożyć się według kilku różnych siatek krystalicznych. Dotąd stwierdzono istnienie siedmiu odmian kryształów związku SiC, a mianowicie: SiC I, SiC II, SiC III, SiC IV (β — SiC), SiC V, SiC VI i SiC VII, przy czym najczęściej występują odmiany SiC II, SiC III i SiC IV; pozostałe odmiany występują jako pojedyncze kryształy w masie kryształów najczęściej występujących [13].



Rys. 4. Zmniejszanie się oporności elektrycznej kryształka karborundu ze wzrostem doprowadzonego napięcia (O. Weigel)

I — przebieg prądu stałego przez kryształek w jednym kierunku
II — przebieg prądu stałego przez kryształek w przeciwnym kierunku
III — przypadek oporu nie ulegającego zmianie
Pomiar w temperaturze pokojowej

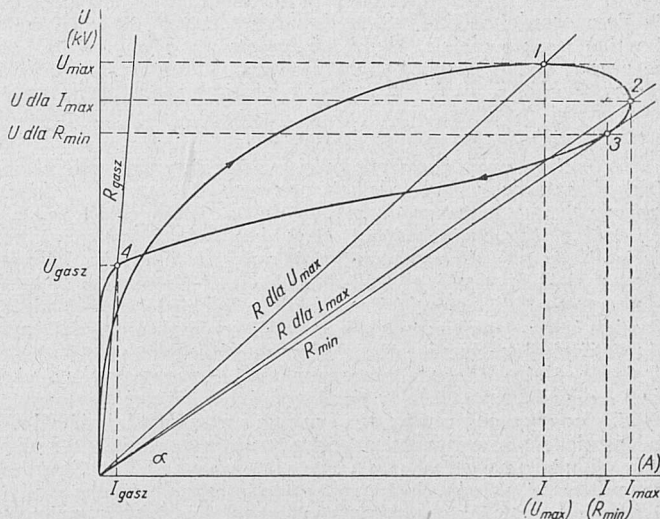
Karborund otrzymuje się z pieca w postaci tzw. klinkieru. Są to bryły ziarn karborundu spojone przemienionymi zanieczyszczeniami wsadu. Wielkość pojedynczych kryształów karborundu w klinkierze jest różna. Największe z nich mają długość kilku do kilkunastu milimetrów, ale najczęściej jest w klinkierze kryształów drobnych o długości mniejszej niż milimetr. Przerób klinkieru polega na oddzieleniu kryształów karborundu od zanieczyszczeń oraz na kruszeniu większych kryształów karborundu i posiegrowaniu wszystkich ziarn według ich wielkości. Karborund segreguje się za pomocą przesiewania przez sита. Pozostałość na poszczególnych sitach oznacza się nume-

rami od 1 do 600. Im drobniejsze ziarno, tym większy jest jego numer. Do produkcji płytek zmienno-oporowych bywa używany karborund o różnej granulacji, zależnie od stosowanej technologii. Na ogół używa się ziarn od nru 60 do nru 220, czyli takich, które mogą przejść przez sito o długości boku kwadratowego oczka 0,25 mm, a nie przechodzą przez sito o długości boku oczka o 0,075 mm.

Zależnie od rodzaju i ilości zanieczyszczeń w kryształkach SiC oraz od odmiany krystalicznej tego związku mamy różne gatunki karborundu, których własności elektryczne różnią się bardzo silnie. Przewodność właściwa w temperaturze pokojowej może wynosić od 10^{-14} do $5 \Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ [7]. Przewodność karborundu wzrasta bardzo silnie ze wzrostem temperatury. Na rys. 3 jest podany wykres obniżania się oporności kryształka karborundu ze wzrostem temperatury do 500°C, według pomiarów O. Weigela.

Oporność właściwa kryształów karborundu zmniejsza się przy wzroście doprowadzonego napięcia (rys. 4).

Wytrzymałość udarowa różnych gatunków karborundu bardzo się różni. Mało zanieczyszczone kryształki karborundu na ogół łatwo ulegają przebieciu prądem, kryształki silnie zanieczyszczone, prawie czarne, mogą mieć różną wytrzymałość udarową. Niektóre gatunki karborundu czarnego są bardzo wytrzymałe na przebiecie prądem. Stwierdzono, że obciążalność udarowa karborundu bardzo silnie zależy od stopnia zanieczyszczenia kryształów SiC glinem oraz żelazem. Autor przypuszcza, że kryształki SiC, które odznaczają się dużą obciążalnością udarową, muszą zawierać atomy glinu i żelaza w pewnym określonym



10. Pętlica napięciowo-prądowa.

Najwięcej szczegółów przechodzenia fali elektrycznej przez płytkę zmienno-oporową dostarczają nam krzywe otrzymywane na ekranie oscylografu katodowego. Jeżeli w oscylografie jedna para płyt odchylających wskazuje napięcie na płycie badanej, a druga para płyt odchylających wskazuje natężenie prądu płynącego przez tę płytkę, to na ekranie ukazuje się pętlica napięciowo-prądowa, która dla płytek karborundowych najczęściej ma kształt podany na rys. 5. Z wykresu tego możemy odczytać zmiany napięcia i zmiany natężenia prądu oraz oporność płytki w dowolnej chwili przechodzenia fali. Napięcie na płycie wzrasta aż do punktu 1, początkowo bardzo szybko, a następnie coraz wolniej. Od punktu 1 napięcie na płycie zaczyna maleć i maleje coraz szybciej. Natężenie prądu wzrasta aż do punktu 2 — początkowo bardzo wolno, następnie coraz szybciej. Od punktu 1 do punktu 2 natężenie prądu rośnie pomimo obniżania się napięcia na płycie. Od punktu 2 natężenie prądu zaczyna powoli maleć, a potem od punktu 3 maleje bardzo szybko aż do niewielkiej wartości odpowiadającej punktowi 4.

Oporność płytki jest proporcjonalna do $\tan \alpha$, gdzie α jest kątem pomiędzy prostą łączącą dany punkt pętlicy napięciowo-prądowej z początkiem układu, a osią odciętych. W szczególnym przypadku, kiedy 1 kV i 1 kA wypadają na wykresie w jednakowej skali, oporność płytki w omach jest liczbowo równa tangensowi kąta α . Najczęściej jednak skala prądu jest „rozciągnięta”, a więc oporność płytki w omach jest większa niż $\tan \alpha$ na wykresie oscylograficznym. Z pętlicy napięciowo-prądowej widzimy, że początkowo oporność płytki jest bardzo duża, ale szybko maleje w miarę wzrastania natężenia prądu. Zmniejszanie się oporności płytki trwa aż do punktu 3, czyli oporność płytki wciąż jeszcze maleje, kiedy już maleje napięcie oraz natężenie prądu. W punkcie 3 rozpoczyna się stopniowy coraz szybszy wzrost oporności płytki. Z wykresu widzimy, że malenie oporności płytki przebiega na ogół wolniej niż wzrastanie, różnica jest tym większa, im szersza jest pętlica.

Na pętlicy napięciowo-prądowej występują więc cztery odcinki charakterystyczne: odcinek pierwszy do punktu 1, kiedy napięcie i natężenie prądu wzrastają, a jednocześnie maleje oporność płytki; odcinek drugi od punktu 1 do 2, kiedy już napięcie obniża się, ale natężenie prądu wzrasta dalej i w dalszym ciągu maleje oporność płytki; odcinek trzeci od punktu 2 do 3, gdzie maleją już napięcie i natężenie prądu, a oporność płytki również jeszcze maleje; odcinek czwarty od punktu 3, gdzie maleją napięcie i natężenie prądu, a oporność szybko wzrasta. Napięcie na płycie odpowiadające punktowi 1 nazywamy napięciem obniżonym, a napięcie na płycie odpowiadające punktowi 4 nazywamy napięciem gaszenia. Jakość płytki pod względem zaworowości charakteryzuje stosunek napięcia obniżonego do napięcia gaszenia. Stosunek ten zależy od składu chemicznego i od technologii danej płytki oraz od gęstości prądu wyładowczego. Dla płytek zmienno-oporowych w odgromnikach stosunek napięcia obniżonego do napięcia gaszenia waha się mniej więcej w granicach od 1,6 do 3,0 przy znamionowym prądzie wyładowczym. Płytką jest tym „subtelniejsza”, im ma mniejszy stosunek napięcia obniżonego do napięcia gaszenia. Produkowanie płytek o dobrym stosunku wymaga wielkiej staranności i umiejętności. Ponieważ do odgromników o napięciu znamionowym 15 kV i wyższym potrzebne są, ze względu na poziom ochrony, słupy oporowe o stosunku $\leq 2,3$, produkcja tych odgromników jest trudna.

Kształt pętlicy napięciowo-prądowej płytek karborundowych zależy od składu chemicznego i technologii płytek oraz od gęstości prądu wyładowczego. Przy płytkach o większej średnicy prądy wyładowcze o małym natężeniu dają pętlice napięciowo-prądowe wąskie, zbliżone do krzywej R_z na rys. 1. Przy bardzo dużych gęstościach prądu wyładowczego pętlice napięciowo-prądowe stają się szerokie, szersze niż na rys. 5. Płytki zmienno-oporowe w warunkach powstawania szerokiej pętlicy napięciowo-prądowej szybko ulegają przebiegi. Płytki z lepiszczem przewodzącym oraz płytki wilgotne mają pętlice napięciowo-prądowe odpowiadające małej gęstości prądu wyładowczego.

Pętlice napięciowo-prądowe płytek wilgotnych ulegają znacznej zmianie w miarę wysychania płytek i po wyschnięciu płytek mają kształt zbliżony do podanego na rys. 5, jeżeli lepiszcze po wyschnięciu stało się nieprzewodzące. Płytki należące do wysuszone mają znacznie wyższe napięcie obniżone i napięcie gaszenia niż w stanie wilgotnym. Z tego powodu odgromnik wykonany z wilgotnych płytek zmienno-oporowych karborundowych po wyschnięciu płytek może mieć za wysokie napięcie obniżone, a odgromnik wykonany z suchych płytek zmienno-oporowych po zwilgotnieniu płytek może mieć za niskie napięcie gaszenia, tak że może nie gasić prądów następujących.

11. Struktura płytek karborundowych.

Produkcja płytek zmienno-oporowych karborundowych obejmuje: przygotowanie masy, prasowanie płytek i suszenie tych płytek. Masę przygotowuje się przez staranne zmieszanie składników według recepty, w której jest podany skład jakościowy i ilościowy danej masy. W skład masy wchodzi karborund, substancje przewidziane do spojenia ziarn karborundu oraz dodatki specjalne. Prasowanie płytek odbywa się zwykle w formach stalowych na prasach hydraulicznych przy nacisku rzędu kilkuset do kilkudziesięciu setek kilogramów na 1 cm² płytki. Po wyprasowaniu płytki suszy się. Podczas suszenia następuje wiązanie spoiwa oraz usuwanie nadmiaru wilgoci.

Karborund jest materiałem bardzo twardym, a ziarna jego mają kształt nieregularny i ostre krawędzie. Gdyby ścisnąć w formie same ziarna karborundu bez lepiszcza, to każde dwa sąsiednie ziarna zetknęłyby się ze sobą najwyżej w trzech miejscach, w trzech punktach; niektóre ziarna stykałyby się w dwóch punktach, a niektóre ziarna sąsiednie stykałyby się tylko w jednym punkcie. Pomiędzy przylegającymi do siebie ziarnami karborundu pozostałaby przestrzeń wolna wypełniona powietrzem. Przy ścisnaniu w formie masy przygotowanej na płytce, ostre krawędzie ziarn karborundu łatwo wchodzi w miękkie lepiszcze i opierają się o ścianki sąsiednich ziarn karborundu. Jeżeli w masie przygotowanej na płytce objętość lepiszcza jest większa niż objętość wolnej przestrzeni, która pozostałaby pomiędzy ziarnami przy ścisnaniu ich bez lepiszcza, to w płycie mogą zdarzyć się ziarna karborundu całkowicie otoczone lepiszczem i nie stykające się z żadnym sąsiednim ziarnem karborundu; inne ziarna mogą stykać się z sąsiednimi w jednym, w dwóch lub w trzech punktach. Przy dostatecznie dużym nacisku prasowania w płycie nie powinny powstać puste przestrzenie pomiędzy ziarnami, jednakże mogą one powstać później podczas wiązania lepiszcza i wysychania płytki. Jeżeli objętość lepiszcza jest za mała, to w wyprasowanej płycie pozostaną puste przestrzenie pomiędzy ziarnami karborundu, a ziarna będą się stykały tak, jak gdyby one były ściśnięte bez lepiszcza.

W płycie po wyjęciu jej z prasy występują procesy, które mogą zmienić wzajemne ułożenie się ziarn karborundu. Objętość lepiszcza może wzrastać, np. przy użyciu gipsu, albo lepiszcze kurczy się, np. przy stosowaniu kaolinu. Przy powiększeniu objętości lepiszcza styk pomiędzy niektórymi ziarnami karborundu w płycie może być przerwany, ale puste przestrzenie nie powinny się wytwarzać. Przy maleniu objętości lepiszcza będą się tworzyły pory w samym lepiszczu, ale rozluźnienie styku pomiędzy ziarnami karborundu nie powinno wystąpić. Sytuacja komplikuje się w przypadku, kiedy w procesie wiązania się lepiszcza i przy wysychaniu powstają substancje gazowe. Prężność tych gazów może powodować rozluźnienie styku pomiędzy ziarnami karborundu oraz powstanie pustych przestrzeni w miejscach byłych styków ziarn oraz w masie lepiszcza. Rozluźnienie styku pomiędzy ziarnami karborundu w płycie może nastąpić również wtedy, kiedy jakość lub ilość lepiszcza będzie niedostateczna do silnego spojenia tych ziarn.

Na podstawie powyższych rozważań przewidujemy następujące rodzaje budowy płytek karborundowych:

1) płytki bez porów, w których z powodu nadmiaru lepiszcza niektóre ziarna karborundu nie stykają się bezpośrednio z sąsiednimi ziarnami karborundu, a część ziarn karborundu styka się z sąsiednimi ziarnami tylko w jednym lub dwóch punktach, przy czym ziarn o niedostatecznym styku z sąsiednimi ziarnami jest tym więcej, im większy jest nadmiar lepiszcza;

2) płytki z dobrze dobraną ilością lepiszcza, a więc bez porów, ziarna zaś karborundu dobrze stykają się ze sobą czystymi krawędziami (ostrzami);

3) płytki ze zbyt małą ilością lepiszcza w stosunku do objętości wolnej przestrzeni możliwej pomiędzy ziarnami karborundu, kiedy więc lepiszcze skupia się przede wszystkim dookoła ostrzy ziarn karborundu, a ziarna te dobrze stykają się między sobą czystymi krawędziami (ostrzami);

4) płytki o strukturze odpowiadającej jednemu z powyższych punktów, w których styki pomiędzy ziarnami karborundu zostały rozluźnione przy wiązaniu i wysychaniu lepiszcza albo z powodu niedostatecznej jakości względnie ilości lepiszcza.

Własności elektryczne płytek karborundowych w znacznym stopniu zależą od ich struktury wewnętrznej. Sposób płynięcia prądu elektrycznego przez płytki karborundowe zależy od struktury wewnętrznej danej płytki oraz od rodzaju lepiszcza i od przewodności ziarn karborundu.

12. Płytki karborundowe bez bezwładności.

Ogólnie mówiąc, karborund odgromnikowy jest półprzewodnikiem, a lepiszcze płytek może być półprzewodzące albo nieprzewodzące.

Według F. F. Wolkienstiejna [8] przewodność elektryczna półprzewodników zależy w sposób istotny od warunków zewnętrznych, do których zalicza się stężenie zanieczyszczeń, temperaturę, naświetlenie i natężenie pola elektrycznego. Zmieniając warunki fizyczne często można spowodować bardzo silny wzrost przewodności półprzewodników.

Wpływ natężenia pola elektrycznego na przewodność półprzewodników zależy od wielkości tego natężenia. Przy niskich natężeniach pola aż do pewnej krytycznej wartości E_0 przewodność ta jest stała. Przy natężeniach pola wyższych od E_0 przewodność półprzewodników silnie wzrasta ze wzrostem natężenia pola. Przy tym wzrost przewodności przy wysokich natężeniach pola nie jest uzależniony od zjawisk przebiecia, lecz jest wywołany wzrostem ilości swobodnych elektronów. Dopiero przy jeszcze silniejszych natężeniach pola następuje zjawisko przebiecia wywołane elektrostatyczną jonizacją. Ten sam obraz zmian przewodności elektrycznej mamy w nieprzewodnikach, różnice są natury ilościowej.

W płytkach karborundowych z lepiszczem półprzewodzącym prąd płynie przez lepiszcze i przez karborund. Jeżeli lepiszcze lepiej przewodzi niż karborund, to większa część prądu płynie przez daną płytkę strumieniami omijając ziarna karborundu. Jeżeli zaś przewodność karborundu jest większa niż lepiszcza, to większość prądu płynie strumieniami poprzez ziarna karborundu omijając lepiszcze. W obu przypadkach przekrój pojedynczego strumienia ulega dużym zmianom i w zwężeniach muszą występować znaczne miejscowe spadki napięcia, które mogą powodować duże zmiany przewodności na skutek wpływu pola elektrycznego: wzrost przewodności przy wzrastaniu doprowadzonego napięcia oraz znaczny wzrost oporności przy obniżaniu się napięcia na płytce.

Płytki karborundowe z lepiszczem przewodzącym wykazują petlicę napięciowo-prądową o łagodnym przejściu w pobliżu punktu 4; nie mają one wyraźnie zaznaczającego się napięcia gaśnienia. Nazwano je płytkami zmiennie-oporowymi bez bezwładności. Zmiany oporności elektrycznej tych płytek możemy prawie całkowicie wytłumaczyć wpływem natężenia pola elektrycznego na przewodność półprzewodników.

Istotną cechą płytek bez bezwładności jest zawartość w lepiszczu substancji przewodzących, np. grafitu, metalu lub wilgoci. Jakość karborundu ma w nich wpływ podrzędny, ponieważ zmiany oporności są wywołane przede wszystkim zmianami oporności lepiszcza. Płytki bez bezwładności mają na ogół stosunkowo dużą obciążalność udarową, ale wadą ich jest zbyt łagodny wzrost oporności przy obniżaniu się napięcia na płytce, wskutek czego przepuszczają one stosunkowo duże prądy następne.

13. Płytki karborundowe z bezwładnością.

Jeżeli lepiszcze płytki karborundowej jest nie przewodzące, to prąd może płynąć tylko przez karborund tworząc strumienie przechodzące od ziarna do ziarna przez miejsca styków tych ziarn. Ponieważ styki pomiędzy ziarnami mają charakter punktowy, na stykach tych muszą występować silne zagęszczenia prądu oraz duże spadki napięcia. Dostateczną obciążalność udarową wykazują tylko płytki wykonane z karborundu odgromnikowego. Petlica napięciowo-prądowa ma kształt zbliżony do podanego na rys. 5. Ten rodzaj płytek nazwano płytkami z bezwładnością. Zaletą ich jest to, że bardzo silny wzrost ich oporności elektrycznej przy obniżaniu się napięcia na płytce bardzo ogranicza prądy następne, co sprzyja łatwemu przerywaniu tych prądów.

Wytłumaczenie zmian oporności w przypadku płytek karborundowych z bezwładnością napotyka poważne trudności. Po częściowo zaworowość płytek karborundowych tłumaczono istnieniem na kryształkach karborundu warstewek zaporowych, które przy wzroście napięcia ulegają przebieciu, podobnie jak warstewki PbO na kulkach PbO₂, względnie jak warstewka tlenku glinu na elektrodzie aluminiowej, i oporność elektryczna płytki gwałtownie maleje.

Istotnie, atomy kryształu, które znajdują się na jego powierzchni, podlegają innemu działaniu sił międzyatomowych niż atomy wewnętrzne, wskutek czego na powierzchni kryształu atomy mogą być mniej uporządkowane niż wewnątrz. Ponadto powierzchnia kryształu jest narażona na działanie różnych czynników, które mogą zmieniać skład chemiczny względnie budowę tej powierzchni, wytwarzając warstewkę o odmiennych właściwościach. Np. O. W. Łosiew [15] ustalił istnienie na kryształkach karborundu warstewki zaporowej dla promieniowania, oceniając jej grubość na $\sim 10^{-8}$ cm. Według Kaempla [16] glina i podobne substancje działają katalitycznie w procesie utleniania się SiC. Przy ogrzaniu karborundu do wysokiej temperatury obecność tych

substancji powoduje utlenianie się powierzchni kryształków SiC do SiO₂. T. I. Finch i H. Wilman [14] podają, że w płomieniu utleniającym kryształki karborundu pokrywają się warstewką bezpostaciowego Si o grubości mniejszej niż $43 \cdot 10^{-8}$ cm, przenikalnej dla elektronów o energii 50 kV. Warstewka ta może być starta lub wytrawiona fluorowodorem albo alkaliem.

To dawniejsze tłumaczenie nie może być, według zdania autora, stosowane do płytek zmiennie-oporowych karborundowych, gdyż płytki te produkują się przeważnie w takich warunkach, które nie powinny powodować zmian powierzchni ziarn karborundu, a ponadto, gdyby przy wzrastaniu napięcia na płytce powstawały przebiecia warstewek zaporowych na ziarnach karborundu w coraz liczniejszych miejscach, powodując gwałtowny spadek jej oporności, to i tak nie można byłoby zrozumieć, dlaczego po przejściu fali miałyby nastąpić gwałtowny wzrost oporności płytki, gdyż nie ma powodów odnawiania się warstewek zaporowych w miejscach przebiecia.

Goriew i Piriaziewa [9], opisując obciążalność udarową płytek wilitowych, przyjmują jako rzecz znaną, że ziarna karborundu, które wewnątrz są dość dobrymi przewodnikami, są otoczone błoną o stosunkowo dużej oporności, wskutek czego napięcie doprowadzone do płytki rozkłada się przede wszystkim na cieniutkie błonki pokrywające ziarna karborundu, a w samych ziarnach karborundu spadek napięcia jest mały. Przy wzrastaniu napięcia na płytce silnie wzrasta napięcie na poszczególnych błonkach, co powoduje gwałtowny spadek oporności w różnych miejscach płytki, wskutek czego prąd płynie strumieniami przez miejsca lepiej przewodzące, a ogólna oporność płytki gwałtownie maleje. Przy obniżaniu się napięcia na płytce przewodność błonek maleje i całkowita oporność płytki coraz bardziej wzrasta.

Powyższa hipoteza nie wyjaśnia powodów powstawania petlicy napięciowo-prądowej charakterystycznej dla płytek karborundowych z bezwładnością, a ponadto istnienie na ziarnach karborundu, które przedtem nie były poddane specjalnej obróbce chemicznej, błonek w dużej oporności jest nieprawdopodobne.

14. Hipoteza autora.

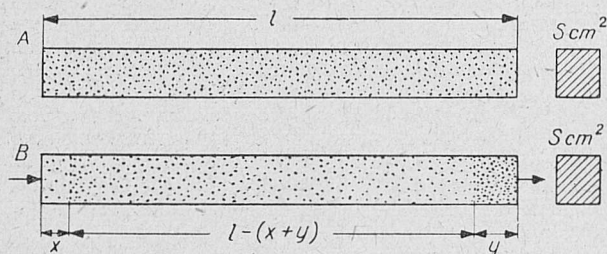
Autor jeszcze w roku 1948 podał w sprawozdaniu dla ZWAWN własne tłumaczenie zmian oporności płytek karborundowych. Opiera się ono na zdolności przesuwania się zanieczyszczeń w kryształach pod wpływem prądu elektrycznego. Już O. Weigel w roku 1915 starał się wytłumaczyć osobliwe własności elektryczne karborundu przesuwaniem się zanieczyszczeń wewnątrz kryształków ale wówczas nie było jeszcze dowodów doświadczalnych na to, że obce atomy mogą rzeczywiście przesuwać się na znaczną odległość wewnątrz kryształu pod wpływem prądu elektrycznego. Później, zupełnie niezależnie od prac nad własnościami karborundu, stwierdzono doświadczalnie przesuwanie się pod wpływem prądu elektrycznego wodoru w paladzie, złota w ołowiu i węgla w żelazie [17], a więc przesuwanie się niektórych zanieczyszczeń wewnątrz kryształków karborundu pod wpływem prądu elektrycznego na odległość rzędu 10^{-7} — 10^{-5} cm jest zupełnie możliwe.

Cząsteczki i atomy znajdujące się w węzłach siatki przestrzennej kryształu podlegają drganiom, których amplitudy silnie wzrastają ze wzrostem temperatury, wskutek czego uporządkowanie cząsteczek i atomów w kryształach podlega coraz większemu naruszeniu. W tych warunkach jest możliwe, że we wnętrzu kryształu niektóre cząsteczki i atomy pod wpływem swoich sąsiadów lub z innych powodów przeskakują od jednego do drugiego węzła siatki przestrzennej. W ten sposób przebiega w stanie stałym dyfuzja, której prędkość bardzo silnie wzrasta ze wzrostem temperatury. Prąd elektryczny płynący przez kryształki karborundu powoduje wzrost temperatury, a pole elektryczne może wpływać na przebieg dyfuzji jonów. Zanieczyszczenia uwieszone pomiędzy cząsteczkami SiC w kryształach karborundu otrzymują przy podwyższaniu się temperatury pewną bardzo małą i coraz większą swobodę ruchów. Prąd elektryczny płynący przez kryształki karborundu może znacznie przyspieszyć prędkość przesuwania się niektórych zanieczyszczeń, przesuując je wzdłuż drogi prądu. Przy przepływie prądu elektrycznego przez kryształki tylko w jednym kierunku przesunięcie zanieczyszczeń nastąpi w nich tym silniej i dalej, im wyższa będzie temperatura, im silniejszy będzie płynął prąd, im większy będzie spadek napięcia i im mniejsza ilość zanieczyszczeń będzie przypadała na dany przekrój.

Weźmy dla przykładu ziarno karborundu w postaci prostopadłościanu. Rozmieszczenie w nim zanieczyszczeń biorących udział w przewodzeniu prądu elektrycznego niech przedstawia rys. 6A. Jeżeli do końców tego kryształka doprowadzimy dostatecznie wysokie napięcie stałe, to przez ten kryształek popłynie

prąd elektryczny. Nastąpi przy tym wzrost temperatury kryształka, oporność jego zmaleje, a natężenie prądu silnie wzrośnie. W tych warunkach część zanieczyszczeń zacznie przesuwac się wzdłuż drogi prądu. Założmy, że przesuwanie się zanieczyszczeń odbywa się w kierunku płynięcia prądu, rys. 6B. Na skutek tego w tym końcu, gdzie wchodzi prąd do kryształka, ilość zanieczyszczeń zacznie maleć. W miarę ubywania zanieczyszczeń będzie wzrastała — na skutek wzrostu napięcia — ruchliwość zanieczyszczeń pozostałych. W ten sposób na tym końcu kryształka po pewnym czasie musi utworzyć się warstewka prawie wolna od zanieczyszczeń biorących udział w przewodzeniu prądu. Oporność właściwa tej warstewki będzie się zbliżała do wartości około $10^{14} \Omega \cdot \text{cm}$, którą wykazują bardzo czyste kryształki karborundu.

Na drugim końcu kryształka nastąpi wzrost zanieczyszczeń, ale stosunkowo mniejszy, ponieważ w miarę przybywania tam zanieczyszczeń, oporność będzie malała i będzie malała ruchliwość zanieczyszczeń. Oporność elektryczna kryształka na tym końcu obniży się tym mniej, im bardziej będzie zanieczyszczony cały kryształ. Możemy przyjąć, że na tym końcu kryształka wy-



Rys. 6. Rozmieszczenie zanieczyszczeń biorących udział w przewodzeniu prądu przez kryształek karborundu

A — stan początkowy

B — rozmieszczenie zanieczyszczeń po przepłynięciu prądu w kierunku zaznaczonym strzałkami

tworzy się warstewka o takiej ilości zanieczyszczeń, jaką możemy spotkać w najbardziej zanieczyszczonych kryształach karborundu. Opór tej warstewki wynosiłaby około $2 \cdot 10^{-1} \Omega \cdot \text{cm}$.

Odległości, na które mogą przesuwać się wewnątrz kryształu zanieczyszczenia pod wpływem krótkotrwałego prądu, są bardzo małe i grubość warstewek o zmienionej ilości zanieczyszczeń jest stosunkowo mała. Drobnymi zmianami w rozmieszczeniu zanieczyszczeń w środkowej części kryształu możemy nie brać pod uwagę i przyjmując, że oporność elektryczna środkowej części kryształu nie ulega zmianie. Niech oporność właściwa naszego kryształu przed upływem prądu wynosi $10^n \Omega \cdot \text{cm}$; wówczas oporność całego kryształu wyniesie:

$$(3) \quad R_0 = \frac{l}{s} \cdot 10^n.$$

Założmy, że na skutek przepływu prądu zanieczyszczenia przewodzące przesunęły się w nim na odległość x i warstewka oczyszczona ma teraz oporność właściwą $10^{14} \Omega \cdot \text{cm}$, a wzrost zanieczyszczeń nastąpił w warstewce y , która teraz ma oporność właściwą $2 \cdot 10^{-1} \Omega \cdot \text{cm}$. Wówczas oporność kryształka po przepływie prądu będzie wynosiła:

$$(4) \quad R_1 = \frac{1}{S} [10^{14} \cdot x + (l - x - y) \cdot 10^n + 2 \cdot 10^{-1} \cdot y].$$

Stosunek oporności końcowej do początkowej wyniesie:

$$(5) \quad R_1 : R_0 = 10^{14-n} \cdot \frac{x}{l} + 1 - \frac{x}{l} - \frac{y}{l} + 2 \cdot 10^{-(1+n)} \cdot \frac{y}{l}.$$

Ponieważ $-1 \leq n \leq 14$, a liczby x i y są bardzo małe w porównaniu z l , możemy nie popełniając dużego błędu napisać stosunek $R_1 : R_0$ w postaci:

$$(6) \quad R_1 : R_0 = 10^{14-n} \cdot \frac{x}{l}.$$

Z równania (6) wynika, że wartość stosunku $R_1 : R_0$ przy stałych wartościach n i l jest wprost proporcjonalna do x , a przy stałych wartościach n i x jest ona odwrotnie proporcjonalna do l . Przy stałych wartościach x i l wartość stosunku $R_1 : R_0$ wzrasta silnie, jeżeli n maleje, czyli w miarę wzrostu zanieczyszczeń w kryształkach karborundu.

Dla zorientowania się, jak silnie może wzrosnąć oporność elektryczna kryształka karborundu na skutek przesunięcia się w nim zanieczyszczeń przewodzących, podstawmy w równaniu

(6) wartości liczbowe, np. $n = 3$, $x = 10^{-6} \text{ cm}$, $l = 10^{-1} \text{ cm}$; wówczas otrzymamy:

$$R_1 : R_0 = \frac{10^{14-3} \cdot 10^{-6}}{10^{-1}} = 1\,000\,000,$$

a zatem oporność naszego kryształka może wzrosnąć bardzo silnie. Jednocześnie widzimy, że o oporności kryształka karborundu decyduje ta jego część, która ma największą oporność właściwą.

W powyższym rozumowaniu posługiwaliśmy się kryształkiem w kształcie prostopadłościanu, aby uprościć opis zjawiska. Rzeczywiste ziarenka karborundu mają nieregularny kształt i ostre krawędzie, którymi stykają się ze sobą po sprasowaniu ich w płytki zmienneo-oporowe. Prąd elektryczny wchodzi do kryształka przez ostre lub krawędź, które na skutek tego mogą łatwo oczyścić się z zanieczyszczeń biorących udział w przewodzeniu prądu, wskutek czego oporność ich może gwałtownie wzrosnąć. W pozostałej masie kryształka, mającej stosunkowo dużą objętość w porównaniu z objętością oczyszczanego ostrza lub krawędzi, przyrost drobnej ilości zanieczyszczeń na pewno nie wywoła dostrzegalnych zmian oporności elektrycznej.

Zmiany oporności elektrycznej płytek karborundowych z bezwładnością możemy zatem wytłumaczyć całkowicie w następujący sposób:

1. Prąd elektryczny płynie przez płytkę zmienneo-oporową strumieniami, które mogą w niej rozgałęziać się lub łączyć się razem. Strumienie te wyszukują w płytce miejsca o najmniejszej oporności elektrycznej i omijają miejsca o wzrastającej oporności elektrycznej, wskutek czego droga każdego strumienia ulega ustawicznym zmianom. Natężenie prądu w danym strumieniu stale się zmienia, zależnie od zmian oporności elektrycznej drogi strumienia i od zmian napięcia doprowadzonego do płytki.

2. Do powstania poszczególnego strumienia potrzebne jest pewne napięcie początkowe, które mogłoby spowodować przepływ przez kryształki karborundu, stanowiące ten strumień, prądu elektrycznego o takim natężeniu, aby temperatura styków zaczęła szybko wzrastać.

3. Początkowo wzrost temperatury styków powoduje szybki spadek oporności danego strumienia, ponieważ oporność karborundu silnie maleje ze wzrostem temperatury, ale następnie prąd płynący przez ogrzane styki szybko je oczyszcza od jonów przewodzących i oporność styków gwałtownie wzrasta. Na skutek tego natężenie prądu w danym strumieniu obniża się tak bardzo, że temperatura styków zaczyna spadać. W ten sposób prąd sam sobie zamyka drogę przez dany strumień.

4. Jeżeli tylko jeden ze styków w danym strumieniu przewodzącym ogrzeje się bardzo silnie i prawie całkowicie oczyści się z zanieczyszczeń przewodzących, to silny wzrost oporności elektrycznej w tym styku może prawie całkowicie ograniczyć przepływ prądu i dany strumień zanika albo przekształca się w nowy strumień z wyłączeniem styku oczyszczonego.

5. Strumienie powstają w płytce w różnych jej miejscach stopniowo w miarę wzrastania napięcia doprowadzonego do danej płytki. Pierwsze strumienie zaczynają tworzyć się przy napięciu, powyżej którego oporność płytki zaczyna maleć. Szybkie narastanie ilości strumieni trwa aż do chwili odpowiadającej punktowi 1 na płycie napięciowo-prądowej według rys. 5. Powoduje to gwałtowny spadek oporności elektrycznej płytki.

6. Oporność elektryczna płytki po przekroczeniu na płycie napięciowo-prądowej punktu 1 maleje w dalszym ciągu głównie na skutek wzrastania temperatury styków już istniejących strumieni. Poza tym istnieje możliwość powstania nowych strumieni w miejscach silnego wzrostu temperatury w płytce.

7. Po przekroczeniu punktu 3 nowe strumienie nie powstają, ponieważ wszystkie możliwe strumienie o niższym napięciu początkowym zostały już otwarte, a napięcie na płytce obniża się. Następuje teraz zamykanie się poszczególnych strumieni z powodu oczyszczania się silnie ogrzanych styków z zanieczyszczeń przewodzących. Dlatego oporność całkowita płytki gwałtownie wzrasta aż do punktu 4.

15. Obciążalność płytek zmienneo-oporowych karborundowych.

Z praktyki wiemy, że wyprodukowanie płytki zmienneo-oporowej karborundowej, która byłaby wytrzymała na udary prądowe, jest zagadnieniem bardzo trudnym, a obciążalność udarowa płytek zmienneo-oporowych karborundowych normalnej produkcji może się wahać w szerokich granicach. Każda płytka, nawet najlepsza, po przekroczeniu pewnego obciążenia maksymalnego ulega przebieciu. Ponadto płytki wytrzymałe na udary prądowe stosunkowo łatwo ulegają przebieciu prądem normalnej częstotliwości. Dzieje się tak, że każdy przepływ prądu przez płytkę zmienneo-oporową karborundową pozostawia w niej trwałe

zmiany, które sumują się w sposób bliżej nam nie znany. Obecnie istota i mechanizm tych zmian w płytkach zmienno-oporowych karborundowych mogą być łatwo wytłumaczone na podstawie powyższych założeń autora, a mianowicie:

1. Każdy przepływ prądu przez płytkę pozostawia w niej trwałe zmiany w postaci wzrostu oporności styków ziarn karborundowych na skutek przesunięcia się w nich zanieczyszczeń przewodzących.

2. Najmniej groźne dla płytki są krótkie udary prądowe, ponieważ przy szybkim wzrastaniu napięcia na płycie otwierają się w niej bardzo liczne strumienie, wskutek czego prawie cały przekrój płytki bierze udział w przewodzeniu prądu. Z tego powodu wzrost temperatury styków jest nieznaczny i uwolnienie się ich z zanieczyszczeń przewodzących następuje tylko w bardzo małym stopniu. Przy tym dzieje się to jednocześnie w bardzo wielu miejscach płytki.

3. Jeżeli udar jest bardzo duży, to napięcie na płycie będzie wzrastało póty, póki nie otworzą się wszystkie możliwe w niej strumienie i będzie rosło dalej. W tych warunkach przy wzroście oporności elektrycznej strumieni na skutek przesunięcia się zanieczyszczeń prąd w nich nie będzie miał dostatecznie i temperatura jakiegoś jednego styku wzrosnąć tak bardzo, że nastąpi w nim rozkład węgla krzemu na Si i C. Wtedy oporność elektryczna danego strumienia gwałtownie zmaleje i silny wzrost prądu spowoduje rozkład SiC w następnym styku itd. Ostatecznie wszystkie węglaki krzemu tworzący dany strumień będzie rozłożony i płytka ulegnie przebiciu na skutek przekroczenia maksymalnej obciążalności udarowej.

4. Jeżeli do płytki doprowadzić stosunkowo niewysokie napięcie stałe, które spowoduje otwarcie się tylko nielicznych strumieni, to na skutek dłuższego przepływu prądu poszczególne styki w strumieniach będą się wyłączały z przewodzenia, wskutek czego strumienie te wciąż będą zmieniały swój bieg wybierając miejsca o najmniejszej oporności. W tych warunkach łatwo dochodzi do tego, że któreś z ziarn karborundu na skutek dłuższego przepływu prądu ogrzeje się tak bardzo, że nastąpi w nim rozkład SiC. Zapoczątkuje to przebicie płytki na skutek długotrwałego obciążenia. W tym przypadku przez płytkę przepłynie stosunkowo mały ładunek elektryczny, ale ponieważ tylko część płytki bierze udział w przewodzeniu tego prądu, łatwo dojdzie do przegrzania styków. Dlatego ilość energii elektrycznej doprowadzonej do płytki nie jest miarą obciążalności danej płytki.

5. Z powyższego wynika, że przebicie płytki udarami następuje tym łatwiej, im dłuższe są doprowadzane udary i im mniej one się różnią jeden od drugiego.

6. Doprowadzenie do płytki napięcia zmiennego pięćdziesięcio-okresowego działa na nią jak doprowadzanie bardzo długich jednakowych udarów prądowych. Podczas każdego półokresu otwierają się i zanikają coraz inne strumienie, istnieje więc bardzo małe prawdopodobieństwo regeneracji płytki na skutek zmiany kierunku prądu, która polegałaby na przesuwaniu się zanieczyszczeń w kierunku odwrotnym, tzn. ze środka kryształu karborundu do krawędzi oczyszczonej z jonów przewodzących przy poprzednim kierunku prądu.

7. Jeżeli w płycie pomiędzy ziarnami karborundu istnieją przerwy powietrzne w miejscach byłych styków, to przy dostatecznie dużym napięciu na jednej z takich przerw zapala się łuk elektryczny. Ciepło tego łuku może bardzo szybko ogrzać ostrze byłego styku do temperatury rozkładu karborundu i zapoczątkować przebicie płytki. Dlatego płytki, w których styki pomiędzy ziarnami karborundu zostały rozluźnione, mają bardzo małą obciążalność udarową.

LITERATURA

- [1] Łukomski H. Odgromniki zaworowe, Przegl. Elektr., 1952, z. 10, str. 385.
- [2] Szpor S. Ochrona urządzeń elektrycznych od przepięć atmosferycznych, Przegl. Elektr., 1936, str. 253.
- [3] Sirotński L. I. Technika wysokich napiężeń, wydanie III, Moskwa, 1945.
- [4] BEAIRA. Surge phenomena, London, 1941.
- [5] Arbiekova L. W., Aronowicz I. S. i inni. Aparatura raz-priedielitielnych ustrojuw wysokowo napriazhenia, Moskwa, 1938.
- [6] Bader J. Płytki zmienno-oporowe odgromników, Przegl. Elektr., 1951, z. 1/2/3, str. 52.
- [7] Braun A., Busch G. Elektrische Leitfähigkeit des Siliziumkarbids, Helv. Phys. Acta, 1945, str. 251.
- [8] Wolkiensztiejn F. F. Elektroprowodnost' poluprowodnikow, Moskwa, 1947.
- [9] Goriew A. A., Piriaziewa A. J. Impulsnaja propusknaja sposobnost' sowremennych wilitowych razriadnikow, Elektricitetstwo, 1951, 9.
- [10] Bader J. Krajowe typy odgromników zaworowych (zokarowych), Przegl. Elektr., 1952, z. 12, str. 471.
- [11] Weigel O. Über einige physikalische Eigenschaften des Carborunds, Nachr. kgl. Wiss. Göttingen, 1915, Heft 2, S. 264, Heft 3, S. 299.
- [12] Chemical Abstracts, 31 (1937), 2892.
- [13] Jewstropjew K. S., Toropow N. A. Chimia kriemnja i fiziceskaja chimia silikatow, Moskwa, 1950.
- [14] Chemical Abstracts, 31 (1937), 2992.
- [15] „ „ 35 (1941), 4673.
- [16] „ „ 32 (1938), 4740.
- [17] Seith W., Kubaschewski O. Die elektrolytische Überführung von Kohlenstoff in festen Stahl. Z. f. Elektrochemie, 41 (1935), 551.

INŻ. WŁADYSŁAW NEY

Krajowy układ elektroenergetyczny

621.3.061:621.3.016.4(438)

Treść. Klasyfikacja odbiorców i różnych form energii. Dynamika zmian struktury krajowego bilansu energetycznego. Rola ciepłownictwa. Układ elektroenergetyczny. Charakterystyka źródeł energii. Struktura bilansu mocy układu elektroenergetycznego.

Государственная электроэнергетическая система. Классификация потребителей и различных форм энергии. Динамика изменений в строении государственного энергетического баланса. Роль теплофикации. Электроэнергетическая система. Характеристика источников энергии. Строение баланса мощности электроэнергетической системы.

National power system. Classification of consumers and various forms of power. Dynamics of structural changes in national power balance-sheets. The role of central heat supply systems. Electric power system. Characteristics of power sources. Structure of power balance-sheets of an electric power system.

1. Odbiorcy energii.

Ogromny wzrost sił wytwórczych społeczeństwa w okresie budowy socjalizmu wiąże się bezpośrednio z coraz większym zużyciem energii w jej różnych formach. Odbiorców wszelkich form energii można podzielić na trzy zasadnicze grupy: A) przemysł wraz z rolnictwem, B) potrzeby bytowo-komunalne, C) wszelkiego rodzaju transport i siła pociągowa.

Procesy technologiczne przemysłu oraz potrzeby pozostałych grup konsumpcyjnych pozwalają wprowadzić następującą klasyfikację zasadniczych rodzajów (form) energii, używanej przez wszystkie wymienione wyżej grupy odbiorców: 1) energia elektryczna, 2) energia cieplna średniego i niskiego potencjału (ciepło zużywane przy temperaturze 50 do 250°C), 3) energia cieplna wysokiego potencjału (ciepło zużywane przy temperaturze 250 do 1500° i wyżej, 4) energia świetlna, 5) energia mechaniczna.

Energia elektryczna, albo ściślej energia elektromagnetyczna, jest najszlachetniejszą i zarazem najkorzystniejszą formą energii, dającą się bez trudu i z dużą sprawnością przetworzyć we wszystkie inne wymienione wyżej formy energii. Łatwość przemiany energii elektrycznej, a przede wszy-

stkim możliwość bardzo dokładnej regulacji i kontroli procesów przetwarzania, możliwość stosowania bardzo daleko idącej automatyzacji procesów technologicznych, zużywających energię elektryczną, wysuwa tę właśnie postać energii na pierwszy plan i dlatego właśnie stopień zastosowania energii elektrycznej w trzech wymienionych grupach odbiorców energii, wyrażony odpowiednim współczynnikiem elektryfikacji przemysłu, bytu oraz transportu, świadczy o poziomie całej gospodarki narodowej danego kraju.

Energia elektryczna używana jest bezpośrednio w tak zwanych procesach elektrotechnologicznych, jak np. elektroliza przy produkcji aluminium, produkcja stali stopowych, karbidu itd. Energię elektryczną do wymienionych celów otrzymuje się obecnie niemal wyłącznie z energii chemicznej paliwa lub energii kinetycznej wody.

Energia cieplna niskiego i średniego potencjału. Tak nazywamy ciepło użytkowane przy temperaturze 70° do 250°C.

Temperatura poniżej 150°C dotyczy na ogół ogrzewnictwa sezonowego pomieszczeń mieszkalnych, fabrycznych i komunal-

nych, ogrzewania wody gorącej dla gospodarstw domowych, a częściowo również do celów technologicznych.

Temperatura powyżej 150°C dotyczy wyłącznie takich procesów technologicznych, jak suszenie, nagrzewanie, destylacja itp. Procesy te przeważają w takich gałęziach przemysłu, jak spożywczy, papierniczy, włókienniczy, cukrowniczy i inne. Nośnikiem energii cieplnej niskiego i średniego potencjału jest gorąca woda lub para rozprzeczana siecią cieplną. Ciepło produkowane jest w wielkich elektrociepłowniach komunalnych, przykładowych elektrociepłowniach przemysłowych oraz we wszelkiego rodzaju kotłowniach.

Tablica I

	Udział w bilansie grupy (%)	Udział w bilansie narodowym (%)	Udział energii elektrycznej (%)
Grupa A. Przemysł	100		
Ciepło wysok. potencjału	50	22	1
„ średn. „	30	13,5	—
Energia mechaniczna	19	9	3,7
Oświetlenie	1	0,5	0,4
		45	
Grupa B. Potrzeby komunalne	100		
Ciepło wysok. potencjału	8	5	—
„ średn. „	91	42,5	—
Oświetlenie	1	0,5	0,5
		48	
Grupa C. Transport	100		
Energia mechaniczna	100	7	0,9
		100	6,5

Energia cieplna wysokiego potencjału jest to ciepło użytkowane przy temperaturze od 2500 do 15000 i wyżej. Pewne ilości ciepła wysokiego potencjału zużywa się w kuchniach, przeważająca jednak część pobierana jest przede wszystkim przez przemysł — metalurgiczny, metalowy, chemiczny, materiałów budowlanych (procesy wypalania, topienia, obróbki termicznej i plastycznej na gorąco).

Nośnikiem energii wysokiego potencjału są gazy gorące z bezpośredniego spalania paliwa stałego, płynnego, a najczęściej gazu. Gazy palne otrzymuje się drogą odgazowania węgla (koksowanie lub wytłewanie węgla), bądź drogą pełnego zgazowania węgla (wszelkiego rodzaju gazogeneratory), albo też są to gazy naturalne.

Energii świetlnej uzyskuje się w przeważającej części z energii elektrycznej.

Energia mechaniczna w przemyśle to wszelkie procesy mechanicznej obróbki i przeróbki materiałów oraz wszelkie rodzaje transportu (lądowy, wodny, powietrzny). Energia mechaniczna w przemyśle zajmuje stosunkowo niewielką część ogólnego zapotrzebowania energii. Na te gałęzie przemysłu oraz na te działy produkcji, które głównie opierają się na energii mechanicznej, przypada znaczna część siły roboczej, zatrudnionej ogólnie w przemyśle; są to pracochłonne gałęzie przemysłu, jak np. przemysł budowy maszyn i aparatów, przemysł tkacki i inne.

Energii mechanicznej dostarczają w nowoczesnym przemyśle w przeważającej części silniki elektryczne, w transporcie natomiast w znacznej części bezpośrednio silniki parowe lub spalinowe.

2. Struktura i dynamika bilansu energetycznego.

Na podstawie danych przedwojennych można wypośredkować podane w tabl. I zgrubne, orientacyjne, zestawienie bilansowe według grup odbiorców oraz form energii dla wysoko uprzemysłowionego i zelektryfikowanego kraju (energię elektryczną uwzględniono według równoważnika: 1 kWh = 860 cal).

Tabl. II podaje zestawienie bilansu energetycznego dla różnych krajów w latach 1937 i 1949 według danych Organizacji Narodów Zjednoczonych (ECE, marzec 1953). W tablicy tej wyróżniają się bogate w białe węgiel państwa skandynawskie, w których udział energii elektrycznej w całkowitym zapotrzebowaniu przekracza 10%, a spożycie energii z paliwa gazowe-

go jest najniższe. Wyplwają stąd rozwój specjalnych gałęzi przemysłu, w których procesy technologiczne wymagają dużego zużycia energii elektrycznej, np. produkcja aluminium w Norwegii. Z pozostałych krajów Polska, Niemcy, Belgia, Wielka Brytania rozporządzają bogatymi zasobami paliw naturalnych. Ze względu na zasadniczą różnicę w strukturze zasobów energetycznych różnych krajów mieszane byłoby mechaniczne porównywanie wskaźników elektryfikacji krajów bogatych w zasoby energii wód z odpowiednimi wskaźnikami krajów bogatych w paliwa naturalne.

Z zestawienia tabl. II wynikają najpierw dwie zasadnicze tendencje rozwojowe: 1) wzrost udziału energii elektrycznej w łącznym ogólnokrajowym zapotrzebowaniu energii w granicach od 65 do 100% dla wszystkich krajów oraz wzrost zapotrzebowania energii, związanego z gazyfikacją przede wszystkim procesów technologicznych, przeciętnie o ok. 50% dla krajów bogatszych w naturalne zasoby paliwa; 2) stosunkowo niewielki wzrost ogólnego globalnego zapotrzebowania energii dla szeregu krajów, najwyższy zresztą dla krajów demokracji ludowej, najniższy dla państw kapitalistycznych; dla czołowych państw kapitalistycznych — Francji i W. Brytanii — obserwuje się nawet zmniejszenie ogólnokrajowego zapotrzebowania energii, co jest, oczywiście, wskaźnikiem zastoju w rozwoju gospodarczym tych państw w rozpatrywanym okresie.

Należy zastanowić się bliżej nad przewidywanymi zmianami w strukturze krajowego bilansu energetycznego, nad dynamiką i tendencją rozwojową tych zmian w okresie najbliższych 10—15 lat. Pierwsze dwie grupy odbiorców — przemysł i potrzeby bytowo-komunalne — stanowią z górą 90% globalnego zapotrzebowania energii każdego kraju o rozwiniętym przemyśle i warunkach klimatycznych odpowiadających Europie środkowej.

Spożycie energii na potrzeby bytowo-komunalne ludności wzrasta przede wszystkim proporcjonalnie do liczby mieszkańców oraz do poziomu ich bytu materialnego. Zużycie energii elektrycznej w małych miastach — poniżej 10 000 mieszkańców — sięga w Polsce 50 kWh na mieszkańca na rok, w miastach dużych — ponad 250 000 mieszkańców — sięga 200 kWh (na wsi zużycie energii będzie jeszcze mniejsze niż w małych miastach). Oczywiście, brane tu są pod uwagę stare miasta, natomiast nowoczesne przykładowe osiedla robotnicze, liczą-

Tablica II. Bilanse energetyczne różnych krajów

	Rok	Ogólne roczne spożycie energii (10 ⁶ Gcal)	Udział w ogólnym spożyciu		
			energii elektr. (%)	paliwa (%)	gazu (%)
Polska	1937	185	1,7		3,9
	1949	307	2,2		5,2
Č. S. R.	1937	171	2,1	87	3,6
	1949	214	3,3	86	4,8
Niemcy	1937	1184	3,6	83	7,4
	1949	936	5,0		6,7
Belgia	1937	45	4,9	72,8	3,4
	1949	58	7,4	73,1	6,5
Francja	1937	568	2,8	82	3,6
	1949	559	5,0	74	5,3
Szwecja	1937	93	7	66	1,3
	1949	97	14	41	1,4
Norwegia	1937	38	21,0	59	0,5
	1949	43	31,0	31	
W. Brytania	1937	1275	2,2	86	5,3
	1949	1267	4,0	79	6,8

ce wszystkiego kilka do kilkunastu tysięcy mieszkańców, wykazują wskaźniki zużycia energii od razu na poziomie wielkich miast.

Łączne roczne zużycie brutto energii na mieszkańca dużego miasta, licząc opał, gaz i energię elektryczną, można szacować na 5—7 Gcal, na wsi zaś na 2—3 Gcal, zakładając sprawność pieców domowych ok. 30%.

Charakterystyczne dla krajów o ustroju socjalistycznym są: szybki wzrost sił wytwórczych kraju, wiążący się bezpośrednio z jego uprzemysłowieniem, a więc ze wzrostem ludności miast kosztem ludności wiejskiej; stałe podnoszenie się stopy życiowej ludności; wzrost kubatury użytecznej i usługowej na glo-

wę mieszkańca. Wszystko to powoduje wzrost zapotrzebowania energii użytkowej (netto), a przede wszystkim ciepła niskiego potencjału i energii elektrycznej. Z drugiej strony przechodzenie na scentralizowane sposoby zaopatrzenia w ciepło z centralnych kotłowni rejonowych i elektrociepłowni podwyższają sprawność ogólną zaopatrzenia w ciepło z 25–30% do 60–70%. Również podnoszenie sprawności w procesach przemysłowych (np. w górnictwie przejście z narzędzi pneumatycznych na elektryczne) obniża zużycie energii. Kompensuje to wzrost zapotrzebowania energii i pozwala utrzymać zapotrzebowanie brutto na niewiele zmienionym poziomie.

Drugi główny konsument energii — przemysł — również wykazuje stałą tendencję wzrostu, spowodowaną rewolucyjnym wzrostem sił wytwórczych. Energia mechaniczna stanowi ok. 20% całego zapotrzebowania przemysłu; na procesy w przemyśle, obejmujące właśnie tę postać energii, przypada około 60% odbioru energii elektrycznej. Stopień elektryfikacji tych procesów jest bezpośrednim wskaźnikiem postępu technicznego w przemyśle. Stoją tu przed energetyką dwa zadania: 1) szerokiego stosowania w przemyśle zautomatyzowanego i wielosilnikowego napędu, umożliwiającego automatyczną pracę całych zespołów urządzeń wielkich obrabiarek, całych odlewni itd.; 2) wprowadzenia pełnej mechanizacji ciężkich robót wykonywanych jeszcze ręcznie — przede wszystkim w górnictwie, przemyśle metalurgicznym, przemyśle budowlanym.

Wielkie budowy państwowe są przy zastawianiu nowoczesnej mechanizacji poważnymi odbiorcami energii i mocy elektrycznej, np. budowa cymańskiej elektrowni wodnej na kanale Wołga—Don zużyła w latach 1950–51 przy pełnej mechanizacji robót ziemnych i budowlanych około 350 mln. kWh przy poborze mocy dochodzącym do 60 000 kW.

Współczynnik elektryfikacji napędów w przemyśle nie może być doprowadzony do 100%, ponieważ są urządzenia, które muszą mieć napęd bezpośredni, najczęściej parowy, np. młoty parowe i prasy w dużych zakładach przemysłu metalowego. Tu przy wyzyskaniu ciepła pary odłotowej stosowanie bezpośredniego napędu parowego powinno dać znaczne oszczędności paliwa. Podobnie do wytwarzania dmuchu w wielkich piecach hut żelaznych najbardziej celowe jest stosowanie bezpośredniego napędu dmuchawy od turbiny parowej lub gazowej; zastosowanie w tym wypadku napędu elektrycznego pociągnęłoby za sobą obniżenie ogólnej sprawności. Według akad. Weica współczynnik elektryfikacji napędów mechanicznych w przemyśle nie powinien przekroczyć nawet w dalszej przyszłości 90%; resztę będą stanowiły specjalne napędy, bezpośrednie silniki parowe, pneumatyczne lub spalinalowe (np. w rolnictwie).

Drugą formą energii używanej przez przemysł jest ciepło wysokiego potencjału. Stanowi ono ok. 50% całego spożycia energii przez przemysł, a w niektórych gałęziach przemysłowych, np. w metalurgii metali nieżelaznych, w przemyśle cementowym, w niektórych działach produkcji chemicznej udział procesów wysokotemperaturowych dochodzi do 80%. Zasadniczym kierunkiem rozwoju energetyki tych procesów w wysokotemperaturowych jest elektryfikacja i gazyfikacja.

Elektrotechnologia — zastosowanie elektrotermii i elektrolizy — to najbardziej postępowe kierunki rozwoju techniki oraz procesów technologicznych, opierających się na zastosowaniu ciepła wysokiego potencjału.

Przyczynami stałego rozpowszechniania się metod elektrotechnicznych są:

1) coraz szersze stosowanie metali lekkich, przede wszystkim aluminium i magnezu, produkcja stali stopowych oraz nowe gałęzie chemii, oparte na przerobieniu karbidu, którego produkcja pochłaniała np. około 10% globalnej produkcji energii elektrycznej Niemiec w okresie ostatniej wojny; są to wszystkie zastosowania, w których energia elektryczna nie może być zastąpiona inną postacią energii;

2) wprowadzenie nowych form obróbki metalu prądami wysokiej częstotliwości, spawanie elektryczne itd.;

3) wprowadzanie metod elektrotechnologicznych umożliwiające zastosowanie niskogatunkowych paliw miejscowych zamiast specjalnych gatunków paliwa przywożnego (wg Weica udział procesów elektrotechnologicznych w ogólnym spożyciu energii elektrycznej w przemyśle ZSRR podniesie się z 5% w 1940 r. do 30–35% w 1960 r., co wyniesie ok. 80 mld. kWh rocznie).

Jeszcze dalszy rozwój metod elektrotechnologicznych jest hamowany brakiem energii elektrycznej i wysokimi nakładami inwestycyjnymi na elektroenergetyczne urządzenia wytwórcze, które są blisko 5 razy wyższe na jednostkę energii niż odpowiednie nakłady przy gazyfikacji.

Z wyluszczonej przyczyny obok elektryfikacji rozwija się gazyfikacja na potrzeby procesów technologicznych wymagających ciepła wysokiego potencjału. Wielką zaletą gazyfikacji jest możliwość lepszego i pełniejszego energochemicznego wyzyskania paliwa. W ZSRR przewiduje się wzrost gazyfikacji procesów wysokotemperaturowych z 8–10% w 1940 r. do 25–30% w 1960 r.

Trzecią formą energii używaną przez przemysł jest ciepło niskiego potencjału o temperaturze 50–250°C. Na tę formę energii przypada ok. 30% całego zapotrzebowania energii wszystkich form łącznie. Mniej więcej 2/3 tego ciepła zużywa się do celów technologicznych, resztę tj. około 1/3 na sezonowe (zimowe) ogrzewanie pomieszczeń produkcyjnych.

Zasadniczym sposobem zaopatrzenia w ciepło niskiego potencjału jest ciepłownictwo, to jest łączne wytwarzanie ciepła i energii elektrycznej w elektrociepłowniach. Taka skojarzona gospodarka jest ogólnie już uznanym kierunkiem rozwoju energetyki przemysłowej i komunalnej.

Ciepłownictwo dwukrotnie podnosi współczynnik energetycznego wyzyskania paliwa. Jedna gigakaloria ciepła niskiego potencjału pozwala uzyskać w turbinie ciepłowniczej od 100 do 350 kWh w zależności od parametrów pary doprowadzanej do turbiny oraz parametrów pary grzejnej. Osiąga się to kosztem dodatkowego zużycia ciepła rzędu 1200 kcal/kWh, co w porównaniu ze zużyciem ciepła 3000–3500 kcal/kWh w nowoczesnych elektrowniach kondensacyjnych stanowi oszczędność ok. 0,25 kg umownego węgla na każdą kilowatogodzinę.

Nie wszystkie jednak zakłady przemysłowe, nawet nowe, nadają się do wprowadzenia gospodarki skojarzonej. Zbyt małe szczytowe i roczne zapotrzebowanie ciepła, położenie zakładu w zasięgu zasilania wielkiego układu elektrycznego, otrzymującego bardzo taną energię z sieci, uzasadnia stosowanie gospodarki rozdzielonej, tj. pobieranie energii elektrycznej z sieci, ciepła zaś z kotłowni niskiego ciśnienia. Podobnie całkiem małe miasta o rozproszonej i niskiej zabudowie, o małej gęstości odbiorów ciepłych nie nadają się do wprowadzenia ciepłownictwa.

Dla przybliżonego obliczenia efektu energetycznego możliwości do uzyskania z ciepłownictwa w Polsce przyjmijmy, że ludność wiejska w ogóle nie wchodzi w rachubę jako odbiorca ciepła z elektrociepłowni, że ludność w miastach naszych wyniesie za 20–30 lat 18 milionów, że największe spożycie ciepła w zimie wyniesie 1700 cal na godzinę i mieszkańca oraz że roczny czas wyzyskania tego szczytowego obciążenia wyniesie 2300 h (obecnie wynosi on ok. 2100 h), otrzymamy całoroczne zapotrzebowanie ciepła niskiego potencjału około $18 \cdot 10^6 \cdot 1700 \cdot 10^{-6} \cdot 2300 = 70 \cdot 10^9$ Gcal. Z tego na obciążenie objęte ciepłownictwem można założyć na rok 1980 ok. 70%. Przyjmując ilość energii elektrycznej uzyskanej z ciepła ok. 300 kWh/Gcal oraz współczynnik redukcji 0,9, otrzymamy teoretycznie możliwość do uzyskania z gospodarki skojarzonej ilości energii elektrycznej $70 \cdot 10^9 \cdot 300 \cdot 0,7 \cdot 0,9 = 13,4 \cdot 10^9$ kWh/rok.

Podobne obliczenie, wykonane dla ciepła niskiego potencjału z grupy zużycia przemysłu, może dać według stanu obecnego około $4 \cdot 10^9$ kWh. W przewidywaniu 8-krotnego wzrostu zapotrzebowania ciepła niskiego potencjału w ciągu 25 lat gospodarka skojarzona w przemyśle będzie mogła dać około $32 \cdot 10^9$ kWh, co stanowi razem ok. $45 \cdot 10^9$ kWh.

Teoretycznie możliwa w najlepszym razie do uzyskania z wprowadzeniem ciepłownictwa energia elektryczna mogłaby stanowić w roku 1955 około 60% globalnej produkcji energii elektrycznej, w roku zaś 1980 już tylko ok. 25%.

Rola ciepłownictwa w bilansie energetycznym kraju jest ograniczona ze względu na znacznie szybszy wzrost zapotrzebowania energii elektrycznej niż rozszerzania się źródeł ciepłowniczych. Praktycznie prawdopodobny do uzyskania roczny wskaźnik uciepłownienia kraju, rozumiany jako stosunek energii uzyskanej z gospodarki skojarzonej do całkowitej zapotrzebowanej energii elektrycznej, nie przekroczy 25–30%.

3. Układ elektroenergetyczny.

Gospodarka zasobami energii z odpowiednim wyzyskaniem tych zasobów jest zagadnieniem, które dziś już musi być planowane na wiele lat na przyszłość w skali państwowej, a w przyszłości będzie musiało być planowane w skali międzynarodowej.

Gospodarka energetyczna obejmuje następujące procesy zasadnicze:

1) użytkowanie naturalnych źródeł energii i przetworzenie potencjalnych form energii zawartej w tych źródłach w ta-

kie formy energii, jakie są niezbędne dla gospodarki narodowej;

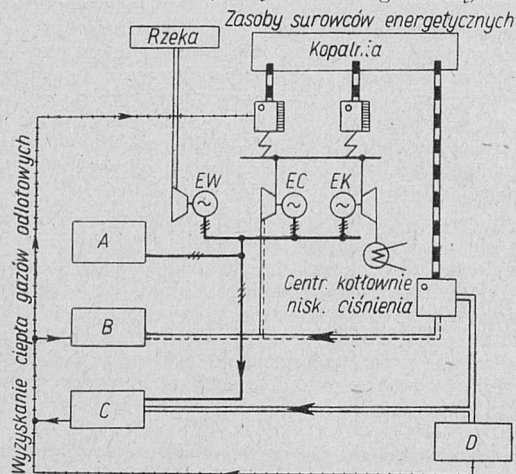
2) transport energii do odbiorcy przy pomocy sieci elektrycznych, stacji transformatorowych i przetwórczych, sieci rurociągów cieplnych — parowych i gazowych;

3) zużytkowanie energii u odbiorców do celów domowych lub technologicznych;

4) akumulowanie energii i regulowanie w szerokim zakresie produkcji i podaży energii.

Procesy powyższe odbywają się przy pomocy skomplikowanej kombinacji mechanizmów i urządzeń, służących do przetwarzania energii z jednej formy w drugą w sposób ściśle regulowany wolą człowieka. Ostatecznym produktem jest energia żądanej postaci i o wyznaczonych parametrach.

W miarę planowego rozwoju gospodarki energetycznej między poszczególnymi elementami jej tworzą się powoli takie więzy, które doprowadzają w końcu do łączenia się całego zespołu urządzeń energetycznych w jedną całość organiczną, w jeden



Rys. 1. Schemat powiązań układu elektroenergetycznego w okręgu przemysłowym

- A — Odbiorniki energii elektrycznej (siła, światło) 15%
- B — Odbiorniki ciepła niskiego potencjału: 750—2500 (ogrzewanie, wentylacja, technologia) 30%
- C — Odbiorniki ciepła średniego i wysokiego potencjału: 3500—20000 (elektrotechnologia, metalurgia, wypalanie, wytapianie i inne) 55%
- D — Źródła gazu: świetlnego, koksowego, czadnicowego, ziemnego
- EW — Elektrownie kondensacyjne
- EC — Elektrociepłownie
- EW — Elektrownie wodne
- — — — — Sieci elektryczne
- — — — — Gazociągi
- — — — — Sieci ciepłe (para — gorąca woda)
- — — — — Drogi wyzyskania ciepła odpadkowych gazów odlotowych itp.
- — — — — Transport kolejowy

układ energetyczny lub elektroenergetyczny, w którym warunki eksploatacji poszczególnych części są związane wzajemną zależnością.

Na rys. 1, podany jest dla dużego okręgu przemysłowego schemat powiązań układu elektroenergetycznego, dzielącego się na układ elektryczny i układ ciepłowniczy.

Układem elektroenergetycznym jest zespół urządzeń do wytwarzania, przesyłania, rozdzielu i odbioru energii elektrycznej oraz ciepłej*) na określonym obszarze (jego granice nie muszą być związane z granicami administracyjnymi).

Cechą układu elektroenergetycznego jest przede wszystkim wspólny plan gospodarczo-techniczny obejmujący: a) wspólny plan produkcji ciepła i energii elektrycznej, b) wspólny plan rozbudowy i remontów podstawowych części układu, c) centralną służbę rozrządczą dla podstawowych urządzeń wchodzących w skład układu, d) wspólną rezerwę urządzeń układu (wytwórczych, przetwórczych, przesyłowych itd.).

Układem elektrycznym pewnego układu elektroenergetycznego jest jego część elektryczna, obejmująca

*) Pełny układ elektroenergetyczny obejmuje również wytwarzanie, przesyłanie, rozdziel i odbiór gazu, w takim bowiem nowoczesnym układzie gaz wytwarza się wspólnie z energią elektryczną i ciepłą w kombinatach do całkowitego wyzyskania paliwa lub w gazo-elektrociepłowniach. Dla uproszczenia sprawy w niniejszym opracowaniu tego typu układu elektroenergetycznego nie rozpatrujemy, ponieważ nie przewiduje się u nas powstania zakładów tego typu w najbliższym czasie.

prądnice, linie przesyłowe, sieci rozdzielcze, stacje transformatorowo-rozdzielcze oraz urządzenia odbiorcze energii elektrycznej.

Układ ciepłowniczy obejmuje współpracujące ze sobą wymienniki ciepła centralne w elektrociepłowniach, centralne kotłowne dzielnicowe, sieci ciepłe — główne i dzielnicowe, stacje wymiennikowe, urządzenia do przepompowywania wody, przyłącza oraz odbiorniki energii ciepłej dla potrzeb przemysłowych i bytowych.

Układ elektryczny przy osiągnięciu pewnej wielkości musi dzielić się na części (sekcje), które można przełączać dowolnie między sobą bez konieczności pracy równoległej.

Proces rozwoju i jednoczenia układów elektroenergetycznych winien przebiegać w ramach wielkiego planu obliczonego na dalszą przyszłość i opartego na zależności wzajemnej między gospodarką energetyczną a całością gospodarki narodowej.

Plan techniczno-ekonomiczny rozwoju układu elektroenergetycznego winien być wykonany w kilku wariantach i dla kilku etapów. Do najkorzystniejszego rozwiązania, odpowiadającego wymaganiom gospodarki narodowej i energetycznej, można dojść drogą kolejnych przybliżeń. Tylko głęboka znajomość dynamiki rozwoju gospodarki narodowej, znajomość wpływów i granic wpływów wielkiej liczby czynników na te lub inne charakterystyki techniczne i ekonomiczne pozwolą wybrać wariant najlepszy. Punktem wyjściowym dla takiego projektu winny być założenia rozwojowe zatwierdzone przez władze państwowe.

Projekt taki wykonywa się w założeniu, że w ciągu 15 — 20 lat zasadniczy proces wytwarzania i przesyłania energii będzie taki sam, jak obecnie, że zatem nie zajdą żadne rewolucyjne zmiany w tych procesach, a może zajść tylko ich udoskonalenie.

Podstawą projektu rozwoju układu elektroenergetycznego jest wykonanie bilansu mocy i energii w różnych postaciach — w czasie i przestrzeni, w przekroju dla poszczególnych gałęzi i okręgów oraz dla całego państwa. Te bilanse i zestawienia mają być wykonane w założeniu jak najdalej posuniętej elektryfikacji procesów wytwórczych w przemyśle, transporcie, rolnictwie i gospodarstwie domowym.

Racjonalny projekt rozwoju takiego ogólnopństwowego układu elektroenergetycznego winien uwzględnić wyzyskanie nie tylko naturalnych źródeł energii, ale również wewnętrzne zasoby energii w przemyśle. Układ elektroenergetyczny pokrywa zapotrzebowanie państwa na dwa zasadnicze rodzaje energii — ciepłą i elektryczną, dysponując do tego celu wszelkimi źródłami, energią potencjalną — paliwami (stałymi, płynnymi i gazowymi) oraz energią wodną.

W naszym bilansie zasobów energetycznych paliwa płynne i gazowe odgrywają znikomą rolę, zasadniczym zaś źródłem energii w Polsce są węgiel kamienny i brunatny oraz woda. Rozmieszczenie źródeł energii wodnej w pewnym stopniu kompensuje niekorzystne ekscentryczne położenie zasobów węgla.

Źródła energii układu elektroenergetycznego. Rozróżnia się następujące źródła energii elektryczne i ciepłej:

- a) do wyłącznej produkcji energii elektrycznej — elektrownie ciepłe kondensacyjne i elektrownie wodne;
- b) do wyłącznej produkcji energii ciepłej — kotłownie dzielnicowe;
- c) do skojarzonej produkcji energii elektrycznej i ciepłej — elektrociepłownie.

Pod względem charakterystyki energetycznej urządzeń wytwórczych rozróżniamy następujące zasadnicze rodzaje elektrowni: 1) elektrownie kondensacyjne — z turbinami kondensacyjnymi; 2) elektrociepłownie — z turbinami oddającymi parę pod ciśnieniem do celów ogrzewniczych; 3) elektrownie wodne.

Maszyny prądotwórcze w trzech wymienionych rodzajach elektrowni muszą czynić zadość wymaganiom układu elektroenergetycznego.

Turbos zespoły kondensacyjne. Te zużywają na każdą wyprodukowaną kilowatogodzinę więcej paliwa niż zespoły ogrzewnicze. Dlatego w idealnie zaprojektowanym układzie zespoły te powinny pokrywać tylko tę część rocznego bilansu energii, która nie może być pokryta produkcją zespołów ogrzewniczych (przeciwprężnych) i elektrowni wodnych.

Z trzech rodzajów zespołów prądotwórczych jedynie zespoły kondensacyjne można rozmieszczać w terenie w dużym stopniu dowolnie, niezależnie od miejsca oraz charakteru zapotrzebowania energii.

Najcenniejszą cechą zespołów kondensacyjnych jest niezależność ich mocy elektrycznej od ubocznych czynników związanych ze zużyciem energii elektrycznej. O lokalizacji zespołów konden-

sacyjnych decydują przede wszystkim czynniki ekonomiczne, a nie techniczne.

Turbozespoły ogrzewnicze. Te mają następujące cechy charakterystyczne:

1) położenie tych zespołów jest ściśle związane z położeniem odbiorów ciepła; bardzo ograniczone możliwości przesyłania ciepła na odległość (obecnie rzędu kilku kilometrów, w przyszłości może dziesiątki kilometrów) nie dają swobody wyboru miejsca na budowę elektrowni z maszynami tego typu;

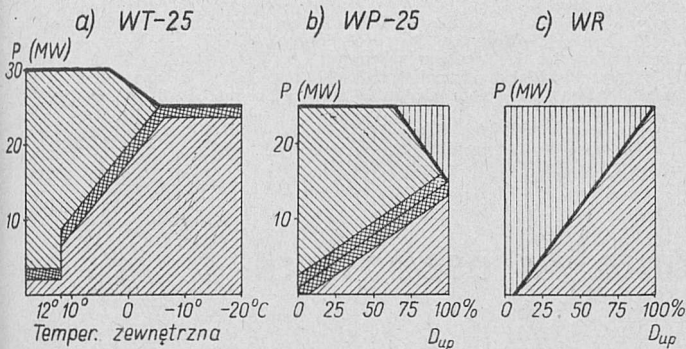
2) bardzo mały dodatkowy rozchód paliwa związany z produkcją energii elektrycznej, wynoszący praktycznie 0,2 kg/kWh.

Turbiny ogrzewnicze cechuje pewna zależność mocy elektrycznej od obciążenia do celów ogrzewniczych. Zależność ta jest różna dla różnych typów turbin. Dla turbin czysto przeciwpież-

troenergetycznym — szczególnie w dolinie nocnej — specjalne trudności ruchowe.

W turbinie typu WP-25 o podanej na rys. 2b charakterystyce oraz w każdej turbinie przeciwpieżnej istnieje moc martwa (związana), jest to część mocy instalowanej, która nie może być wyzyskana na dowolne żądanie rozrządcy. W elektrowni wodnej ubytek części mocy osiągalnej może być spowodowany brakiem wody lub w pewnych niekorzystnych warunkach obniżeniem spiętrzenia wskutek podtopienia spadu przy bardzo wielkich stacjach wód.

Do planowania niezbędnej mocy elektrycznej w układzie elektroenergetycznym jest niewystarczające wykonanie bilansu mocy dla jednego charakterystycznego okresu, lecz konieczne jest zestawienie rocznego bilansu mocy z wyodrębnieniem charakterystycznych rodzajów mocy.



Oznaczenia:

- Moc P_w przy pracy kondensacyjnej
- Moc P_w w przypadku gospodarki skojarzonej (ogrzewniczej)
- Wolna moc kondensacyjna
- Moc związana (martwa)

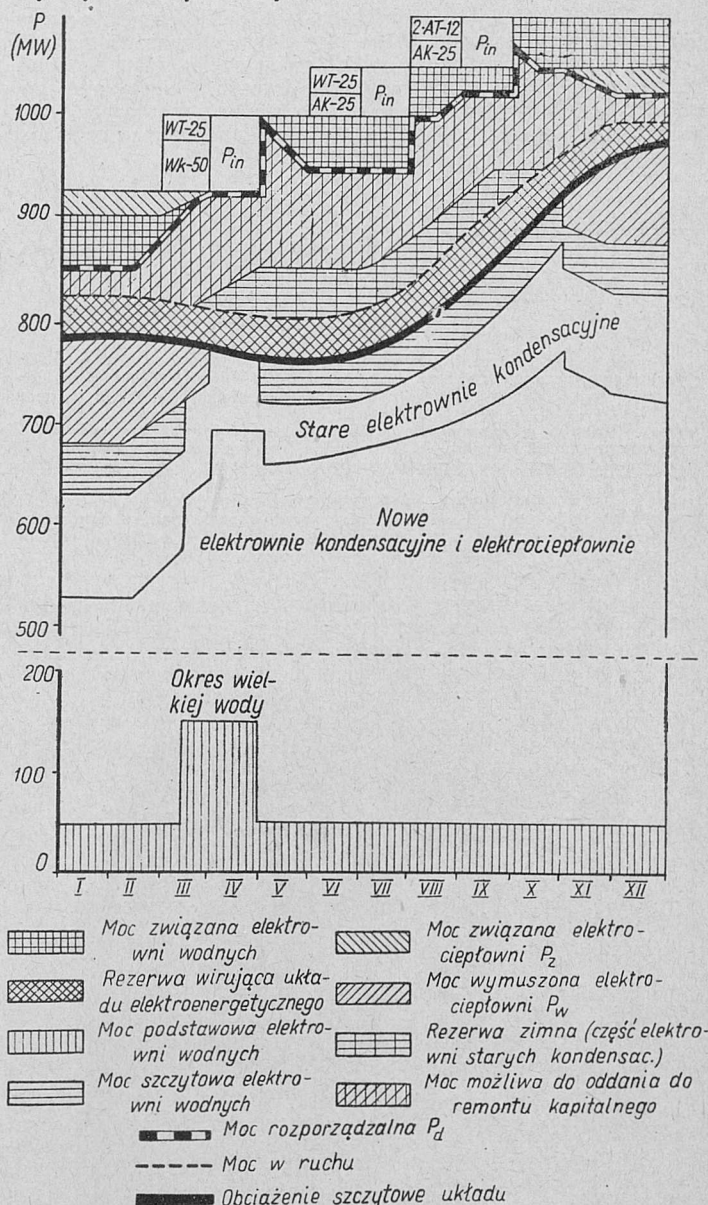
Rys. 2. Charakterystyki energetyczne turbozespołów WT-25, WP-25 i WR (P_w — moc wymuszona)

nych możliwa moc elektryczna wzrasta wraz z obciążeniem cieplnym, dla turbin z poborem pary możliwa moc elektryczna maleje, jeżeli turbina jest zbudowana dla jednakowego przepływu pary przez wszystkie jej części.

Na rys. 2 podane są charakterystyki energetyczne różnych typów turbozespołów dla gospodarki skojarzonej. Wykres a), dotyczący turbozespołu konstrukcji radzieckiej typu WT-25, podaje zależność mocy turbozespołu od temperatury zewnętrznej. Na wykresie b) jest podana podobna charakterystyka dla turbiny typu WP-25 (moc w zależności od obciążenia upustu). Na wykresie c) widzimy odpowiednie charakterystyki dla turbiny przeciwpieżnej typu WR lub AR.

Turbozespoły wodne mają następujące właściwości jako elementy układu elektroenergetycznego: 1) położenie ich jest ściśle związane z określoną sytuacją geograficzną; 2) dzięki możliwości szybkiego rozruchu są wygodne jako rezerwa; 3) dzięki małym stratom związanym ze zmiennym obciążeniem nadają się dobrze do pokrywania obciążenia szczytowego; 4) w stanie gotowym do ruchu jako natychmiastowa rezerwa nie wymagają zużycia energii; 5) możliwość regulacji — dobowej lub rezerwowej — czyni takie elektrownie nadzwyczaj elastycznymi środkami wytwórczymi; nadają się one do współpracy w dużym układzie elektroenergetycznym z elektrociepłowniami, mającymi dużą moc wymuszoną, tj. moc nie dającą się dostosować do zapotrzebowania, a zależną jedynie od cieplnego obciążenia turbiny; 6) bardzo mały rozchód energii na potrzeby własne (ok. 0,5 — 1%) podwyższa ekonomiczność przesyłu energii z elektrowni wodnych na duże odległości.

Jak widać z powyższego, wprowadzenie do bilansu mocy układu elektroenergetycznego dużego udziału mocy związanej z gospodarką skojarzoną wymaga uwzględnienia szeregu nowych pojęć mocy gdzie indziej nie występujących. Turbiny ogrzewnicze — przy pełnym obciążeniu upustów, względnie przeloty — mają moc wymuszoną nie dającą się regulować w granicach wymaganych zmianami zapotrzebowania energii. Na przykład w turbozespole ciepłowniczym typu WT-25 przy pełnym zmniejszeniu upustu grzejnego nie mogą zmniejszyć mocy poniżej 24 MW. Kotły pyłowe nie wyposażone w palniki ropowe lub muflowe nie mogą pod warunkiem zachowania ustabilizowanej pracy zmniejszyć obciążenia poniżej 40%, kotły zaś z komorami na płynny żużel nie dopuszczają obniżenia poniżej 55%. Takie moce wymuszone mogą w pewnych warunkach stworzyć w układzie elek-



Rys. 3. Charakterystyki energetyczne turbozespołów WT-25, WP-25 i WR

P_{in} — nowe moce zainstalowane, lecz nie oddane jeszcze do normalnej eksploatacji, a więc nie zaliczone do mocy rozporządzalnej układu

Na rys. 3 podany jest schemat wykresowy przebiegu rocznego bilansu mocy dla układu elektroenergetycznego z uwzględnieniem różnych grup elektrowni i wprowadzeniem do eksploatacji nowych mocy wytwórczych oraz z wykazaniem mocy, pozostających do dyspozycji na wykonanie niezbędnych remontów kapitalnych.

4. Wnioski.

1) Zestawienie krajowego bilansu energetycznego i analiza jego struktury powinna być punktem wyjściowym przy plano-

waniu przewidywanego rozwoju mocy układu elektroenergetycznego.

2) Coraz szerszy rozwój elektrotechnologii, tj. zastosowania elektrotermii i elektrolizy w przemyśle, musi spowodować jeszcze szybszy wzrost zapotrzebowania energii elektrycznej.

3) Pokrywanie żądanego przez przemysł ciepła wysokiego potencjału powinno się opierać na powiększonym spożyciu gazu (gazyfikacji) oraz w pewnym stopniu energii elektrycznej.

4) Zasadniczym źródłem zaopatrzenia przemysłu i odbiorców bytowych w ciepło niskiego potencjału powinno być ciepłownictwo, skojarzona gospodarka ciepło-elektryczna. Pozwoli to osiągnąć wielkie oszczędności w paliwie, należy jednak pamiętać, że udział ciepłownictwa w krajowym bilansie produkcji energii elektrycznej nie będzie mógł nawet w dalszej przyszłości przekroczyć 25 — 30%.

5) Najracjonalniejszym typem zakładu elektroenergetycznego niedalekiej przyszłości, opartego na pełnym wyzyskaniu paliwa stałego, powinna być gazownia-elektrociepłownia, zakład produkujący jednocześnie gaz, energię elektryczną i ciepło niskiego potencjału, jak również smoły podestylacyjne — surowiec wyjściowy dla szerokiej syntezy chemicznej opartej na węglowodinach.

6) Produkcja energii elektrycznej — pomimo postępu technicznego, osiąganego dzięki rozwojowi ciepłownictwa i stosowaniu coraz wyższych parametrów, będzie wymagać wciąż zwiększających się ilości paliwa i energetyka wysunie się wkrótce na pierwsze miejsce jako konsument paliwa, mający tendencję stałego powiększania swego udziału.

LITERATURA

- K u k i e l - K r a j e w s k i S. A. Pierspektivy razvitiia energosistem w SSSR, 1935
 W a j c W. I. Energiicheskij balans i elektrifikacija promyslennosti SSSR (Elektrichestwo, 1947, nr 12)
 M a r k o w i c z I. M. Energiicheskije sistemy i ich rieziemy, 1952
 K a m i e n s k i M. D. Elektricheskije sistemy, 1952
 Z o ł o t a r i e w T. L. Gidroenergetika, 1950
 B r y a n D o n k i n D., M a r g e n P. H. Economic Plant Sizes and Boiler-set Groupings on the British Grid (Proceed. I. E. E., nr 70, August 1952)
 S a y e r s D. P., C a s h P. W. Les bases du développement des très hautes tensions en Grande-Bretagne. (CIGRE, 1952, nr 401)
 R o h r l a c h M. Die Reserveschaltung in der Elektrizitätsversorgungs-Wirtschaft (Elektrizitätswirtschaft, 1953, nr 20, 22)
 United Nations Economic Commission for Europe, Bulletin, 1951, 1952, 1953
 K u c e n o w W. A., S t e i n h a u s E. O. Woprosy techniko-ekonomicheskowo projektirovanija kupnych gidrostantsij w energosistemach, 1953

ZDZISŁAW GRUNWALD

Napęd i sterowanie w osobowym transporcie pionowym

621.34:621.87:621.3.072

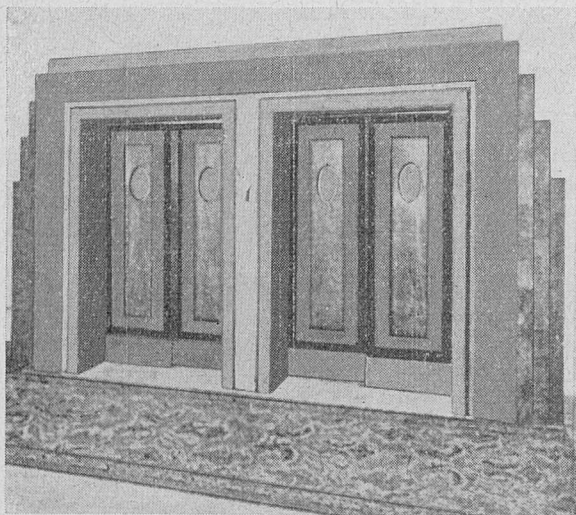
Treść. Wyposażenie elektryczne trzech typowych urządzeń do pionowego transportu osobowego — wyciągu szybkiego, przenośnika pociorkowego oraz schodów ruchomych. Porównawcze zestawienie ich wydajności. Na podstawie schematów elektrycznych rozwiniętych rozpatrzone sterowanie ze szczególnym uwzględnieniem automatyki napędu.

Привод и управление в вертикальном транспорте людей. Электрическое оборудование трех типичных устройств для вертикального транспорта людей — быстрого лифта, патерностера и эскалатора. Сопоставление их производственной способности. При помощи развернутых электрических схем рассмотрены способы управления с обращением особенного внимания на автоматизацию привода.

Drives and control in passenger elevating devices. Electrical equipment for three typical passenger elevating devices — express lift, paternoster elevator and escalator. Comparative performances. The author reviews, on the basis of developed electric diagrams, the methods of control of the devices under review, with particular reference to automatic drives.

1. Wstęp.

Organizacja transportu bliskiego w przemyśle ma znaczenie zasadnicze — gospodarcze i techniczne. Przykłady dużych dźwignic i przenośników świadczą o postępie technicznym w tej dziedzinie oraz o kierunkach rozwojowych zarówno konstrukcyjno-mechanicznych, jak i napędowych — elektrycznych*).



Rys. 1. Zespół dwóch wyciągów osobowych szybkiego

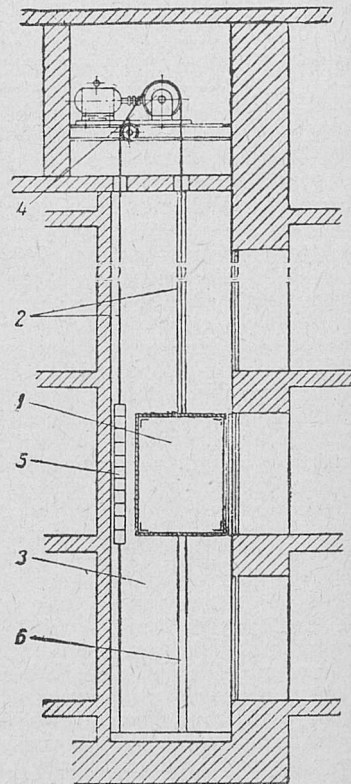
Odmianym zadaniem, stawianym dźwigowcom, jest organizacja osobowego transportu pionowego. Umożliwienie zagospodarowania wielopiętrowych budynków, ulżenie ludziom pracy przy pokonywaniu wielometrowej często różnicy poziomów — to zadanie o znaczeniu nie tylko gospodarczym, ale i społecznym. Dotyczy ono wszystkich domów mieszkalnych i biurowych, hoteli, punktów masowego przepływu strumienia ludzkiego, jakimi są domy towarowe, dworce kolejowe i inne. (Zagadnienie kolejek linowych i zębatach jest odrębne i nie będzie tutaj omawiane).

* Por. Grunwald Z. Napędy elektryczne urządzeń dźwigowych (PE, 1954, z. 2, str. 82).

Dość dalekie od naszych obecnych możliwości są takie nowoczesne wykonania zagraniczne, jak np. zespoły bloków o kilkudziesięciu lub stu wyciągach pionowych (np. Uniwersytet im. Lomonosowa w Moskwie), jak wieżowce kilkudziesięciopiętrowe

Rys. 2. Szkic wyciągu osobowego pionowego

- 1 — kabina
- 2 — liny nośne
- 3 — szyb
- 4 — wciągarka
- 5 — przeciwwaga
- 6 — przewoźnik



o wyciągach szybkiego i pociągach, pracujących według specjalnych rozkładów jazdy, jak stacje „metra” czy biurowców, gdzie długość biegu schodów ruchomych sięga stu metrów. Służba rozrządcza, ześrodkowana w osobnych pomieszczeniach i połączona telefonami z każdą z kabin wyciągowych, ma możliwość

kierowania ruchem i kontrolowania (na specjalnych schematach świetlnych) pracy transportu.

W naszych warunkach dopiero ostatnie lata przyniosły stosunkowo nowoczesne rozwiązania pewnej liczby typowych urządzeń osobowego transportu pionowego. Trzy podane niżej przykłady dotyczą wyciągu szybkiego pionowego, przenośnika pociorkowego oraz schodów ruchomych montowanych przez Zjednoczenie Urzędów Dźwigowych w ciągu ostatnich trzech lat.

Opisane będą napędy elektryczne ze szczególnym uwzględnieniem układów sterowniczych. Wyposażenie elektryczne oraz obciążenia eksploatacyjne stanowią jedynie tło i uzupełnienie tematu dla łatwiejszego zrozumienia działania urządzeń.

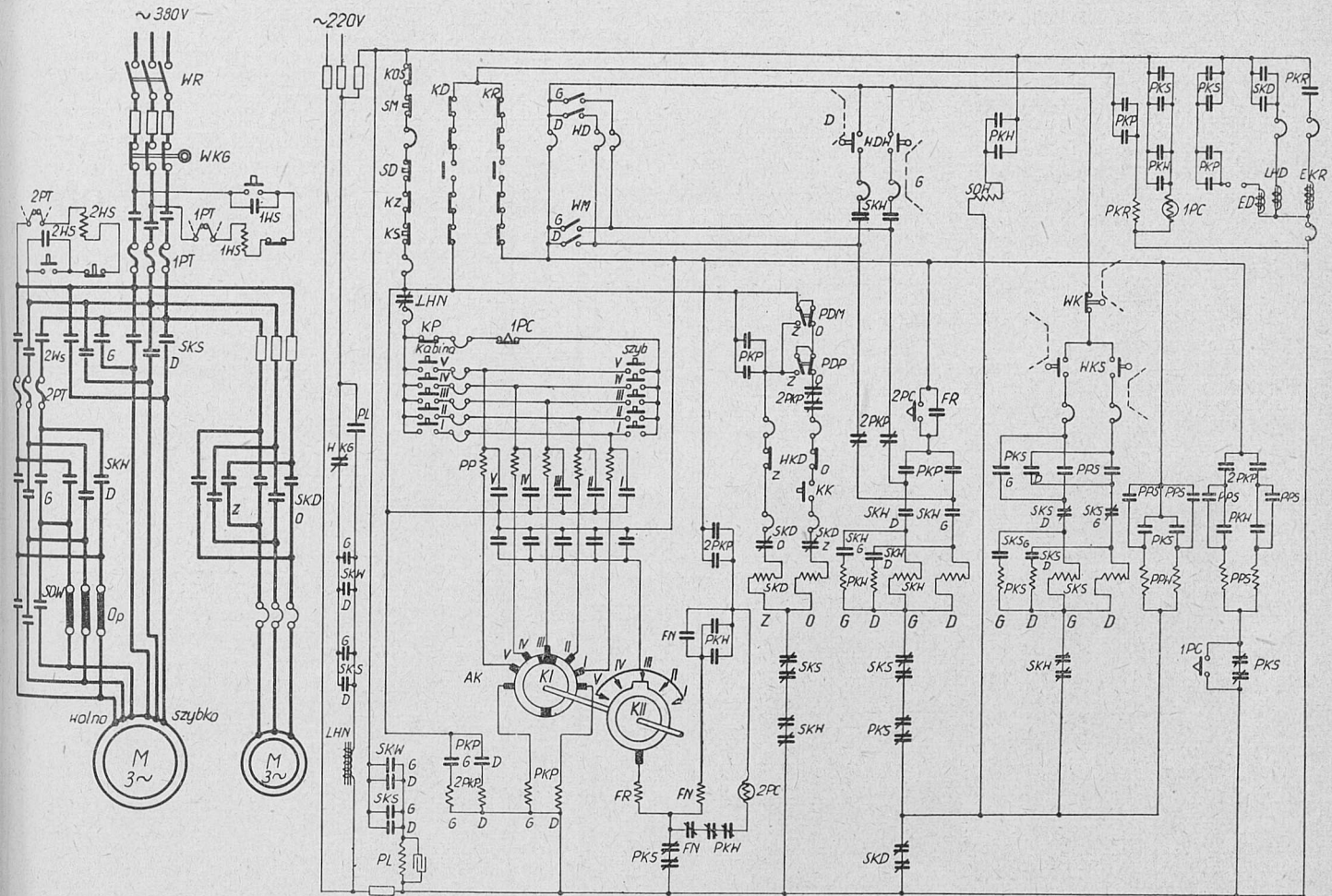
2. Wyciąg pionowy.

Podany niżej przykład dotyczy wyciągu szybkiego 10-osobowego, 10-przystankowego, zainstalowanego w jednym

z wysokich budynków warszawskich (rys. 1 i 2). Wykonanie przewiduje sterowanie przyciskowe oraz samoczynne otwieranie drzwi szybów. Prędkości jazdy, wynoszące 1,5/0,75 m/s, uzyskano dzięki zastosowaniu silnika asynchronicznego klatkowego 2-biegowego. Moc tego silnika, wynikająca z podstawowego wzoru uproszczonego (dla okresu ruchu ustalonego) wynosi:

$$P = \frac{G \cdot v}{102 \cdot \eta} \quad (\text{kW})$$

gdzie $\frac{G}{2} = \frac{10 \cdot 75}{2} = 375 \text{ kG}$ — połowa ciężaru nośnego (przebiegiwa równoważy ciężar kabiny i 1/2 ciężaru nośnego),
 $v = 1,5 \text{ m/s}$ — prędkość podnoszenia,
 $\eta \approx 0,35$ — całkowita sprawność mechaniczna,



Rys. 3. Schemat elektryczny obwodowy wyciągu szybkiego

- KD — kontakt drzwi szybów
 KR — kontakt rygli drzwi szybów
 KZ — kontakt zwisu lin i zakleszczenia
 KOS — kontakt ogranicznika prędkości
 KP — kontakt podłogowy w kabinie
 SM — przycisk „stój” w maszynowni
 SD — przycisk „stój” na dachu kabiny
 SK — przycisk „stój” w kabinie
 PP — przekaźnik piętrowy od I do V wraz ze stykami czynnymi
 WM — wyłącznik ręczny uruchamiający wyciąg z maszynowni
 WD — wyłącznik ręczny uruchamiający wyciąg z dachu kabiny
 LHN — luzownik hamulca silnika napędowego
 PL — przekaźnik podtrzymujący luzownik hamulca
 PKP — przekaźnik kierunkowy pośredni
 2PKP — przekaźnik kierunkowy pośredni pomocniczy
 FR, FN — przekaźniki pomocnicze
 IPC — przekaźnik czasowy (mechaniczny) dla dodatkowej blokady ruchomej podłogi oraz opóźnionego opadania PPS i odłączania SKS
 2PC — przekaźnik czasowy (mechaniczny) umożliwiający ruszanie kabiny z każdego miejsca w szybie
 WR — wyłącznik ręczny
 WKG — wyłącznik krańcowy główny
 1WS, 2WS — wyłączniki samoczynne silnika napędowego (uzwojenia szybkiego i wolnobieżnego)
 Op — opornik statyczny uzwojenia wolnobieżnego

- SKW — stycznik kierunkowy uzwojenia wolnobieżnego
 PKW — przekaźnik kierunkowy uzwojenia wolnobieżnego
 SKS — stycznik kierunkowy pomocniczy uzwojenia szybkiego
 PKS — przekaźnik kierunkowy pomocniczy uzwojenia szybkiego
 PPW — przekaźnik pomocniczy dla wolnego dojazdu
 PPS — przekaźnik pomocniczy dla szybkiej jazdy
 AK — aparat kopiujący o tarczach KI i KII
 SOW — stycznik zwierający opór w obwodzie uzwojenia wolnobieżnego
 SKD — styczniki kierunkowe silnika zamykającego i otwierającego drzwi
 LHD — luzownik hamulca silnika uruchamiającego drzwi
 ED — elektromagnes wyciągający podczas jazdy dźwignie drzwi oraz wyłączniki na kabinie
 WDW — wyłącznik dojazdowy jazdy wolnej (kabinowy)
 WKS — wyłącznik krańcowy jazdy szybkiej (kabinowy)
 WKS2 — wyłącznik krańcowy silnika uruchamiającego drzwi
 WK — wyłącznik szybkiej jazdy (kabinowy)
 PKR — przekaźnik włączający napęd ruchomej krzywki ryglującej
 EKR — elektromagnes do napędu ruchomej krzywki ryglującej
 PDM — przelącznik otwierania i zamykania drzwi z maszynowni
 PDP — przelącznik otwierania i zamykania drzwi z portierni
 KK — kontakt zwierany krzywką i pozwalający na otwieranie drzwi, gdy kabina stoi dokładnie przed nimi

Litery G, D, Z, O oznaczają kierunki: „góra”, „dół”, „zamykanie”, „otwieranie”

a więc

$$P = \frac{375 \cdot 1,5}{102 \cdot 0,35} \approx 16 \text{ kW}$$

Uwzględniając nadmiar mocy potrzebny dla prawidłowego ruchu, zastosowano silnik o mocy $P = 20 \text{ kW}$ i procentowym czasie włączenia $\varepsilon = 40\%$.

Wydajność powyższego wyciągu, określona liczbą przewożonych w ciągu godziny pasażerów, wyniesie przy założeniu wyzyskania pełnej wysokości podnoszenia i jednokierunkowego transportu:

$$S = \frac{\varphi \cdot N \cdot 3600}{2 \left(t + \frac{h}{v} \right)} \quad (\text{pas./godz.})$$

gdzie φ — współczynnik jednoczesności obciążenia (zakładamy $\varphi = 1$),

N — nośność wyciągu, wyrażona największą liczbą przewożonych osób ($N = 10$ osób),

h — wysokość podnoszenia (36 m),

v — prędkość jazdy (przyjmujemy 1,5 m/s),

t — średni czas zapełniania i opróżniania kabiny.

Czas jazdy kabiny będzie

$$t_p = \frac{h}{v} = \frac{36}{1,5} = 24 \text{ s},$$

a procentowy czas włączenia

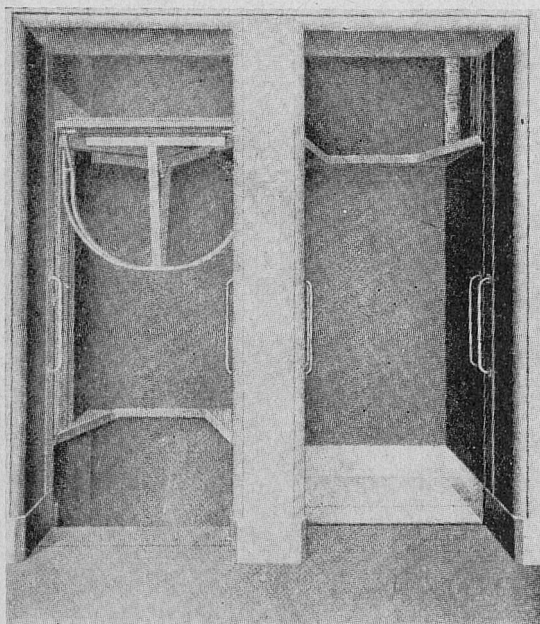
$$\varepsilon = \frac{t_p}{t + t_p},$$

skąd

$$t = \frac{t_p - \varepsilon t_p}{\varepsilon} = \frac{24 - 0,4 \cdot 24}{0,4} \approx 36 \text{ s},$$

$$\text{a więc } S = \frac{1 \cdot 10 \cdot 3600}{2 (36 + 24)} = 300 \text{ pas./godz.},$$

$$\text{liczba zaś jazd wynosi } \frac{3600}{2 (36 + 24)} = 30 \text{ jazd./godz.}$$



Rys. 4. Kabina dwuosobowa przenośnika paciorkowego

Wypożenie elektryczne wyciągu obejmuje — poza urządzeniami typowymi — szereg elementów dodatkowych, zastosowanych w celu poprawienia warunków napędowych. Można tu wymienić (rys. 3) jednostopniowy opornik satorowy (Op), wtrącany przelotnie w uzwojenie wolnobieżne silnika celem ograniczenia prądu i złagodzenia momentu przy przełączaniu. Dalszym elementem jest aparat kopiujący (AK) dwutarczowy, służący zarówno do kierowania kabiny na żądane piętro, jak i do sterowania jej ruchem przy jeździe wolnej w granicach ok. 2 m od przystanku (tarczy KII). Zastosowane ruchome krzywki na kabinie służą do ryglowania drzwi oraz odciągania dźwigni do samoczynnego otwierania. Silnik do takiego otwierania drzwi szybowych znajduje się na kabinie. Użyty przełącznik pośredni (PL) umożliwia podtrzymanie luzowni-

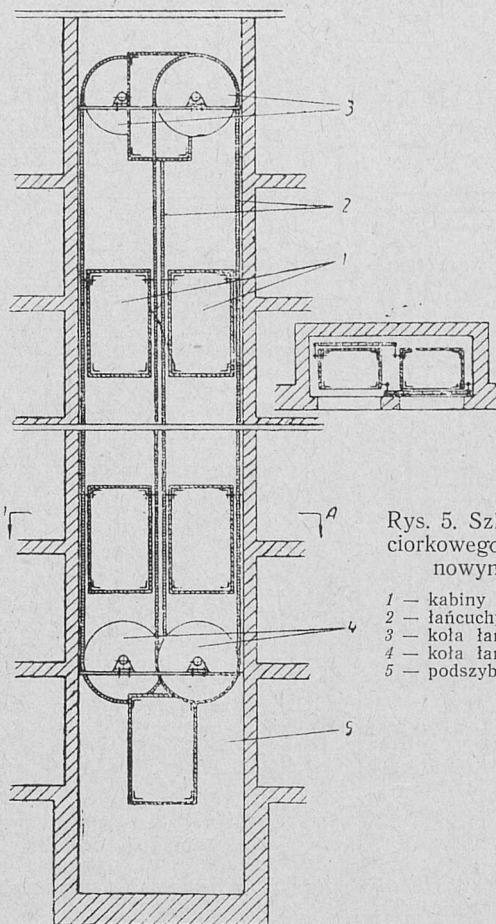
ka hamulca w okresie przełączania obrotów wolnych i szybkich. Luzownik ten (LHN) może być również odłączony przez dodatkowy styk głównego wyłącznika krańcowego (WKG).

Na schemacie nie pokazano takich fragmentów, jak sygnalizacja alarmowa, świetlna (wskazywanie piętra), światło normalne w kabinie i dodatkowe czerwone, ostrzegające, że drzwi się zamykają. Nie przedstawiony jest również filtr kondensatorowy, zainstalowany przy obu uzwojeniach silnika napędowego, jako zabezpieczenie przeciwzakłóceniom w radiofonii.

Schemat elektryczny obwodowy przedstawia (dla uproszczenia) układ wyciągu 5-przystankowego zamiast omawianego wyżej 10-przystankowego, co jednak nie zmienia w niczym istoty napędu i sterowania.

Fragmanty wyodrębnione między łukami przewodów giętkich (kablów zwisowych) pozwalają jednocześnie na topograficzne zlokalizowanie poszczególnych aparatów w kabinie, maszynowni i szybie. Na uwagę zasługuje również szereg przełączników pomocniczych, włączanych równolegle przez odpowiednie styczniki, jak PKP i $2PKP$, SKW , PKW , SKS , PKS .

Gotowość wyciągu do pracy zapewnia się przez załączenie wyłącznika ręcznego WR oraz wyłączników samoczynnych $1WS$ i $2WS$, jak również obwodu sterowniczego na 220 V.



Rys. 5. Szkic przenośnika paciorkowego (w przekroju pionowym i poziomym)

- 1 — kabiny osobowe
- 2 — łańcuchy kabinowe
- 3 — koła łańcuchowe napędowe
- 4 — koła łańcuchowe kierunkowe
- 5 — podszycie

Następujący przykład sterowania ułatwi zapoznanie się z pracą wyciągu.

Obrano jazdę z poziomu III (gdzie stoi kabina) na poziom V. Pasażer wchodzi do kabiny, wskutek czego kontakt podłogowy KP odcina sterowanie zewnętrzne; następnie pasażer naciska przycisk „V piętro”. Włącza się wtedy przełącznik piętrowy V (przez tarczę KI aparatu kopiującego AK) oraz w szereg z nim — przełącznik PKP góra. Ten ostatni włącza stycznik zamykania drzwi $SKDz$ z jednoczesnym luzowaniem hamulca tego napędu (LHD). Drzwi szybowe III poziomu zamykają się, a ich ruch zostaje przerwany przez przycisk krańcowy $WKDz$. Zamyka się ostatni kontakt drzwiowy KD , włączając przełącznik PKR , który przez uruchomienie EKR powoduje wciągnięcie krzywki ryglowania. Zamyka się przycisk ryglowania KR , włączając przez tarczę KII przełącznik FR . Ten włącza stycznik jazdy wolnej SKW góra. Powoduje to złuzowanie hamulca przez LHN oraz włączenie silnika. Kabina rusza wolno w górę, a opornik satorowy Op zostaje natychmiast zbocznikowany przez stycznik SOW .

Ruch wolny kabiny trwa aż do chwili zejścia kontaktu III z garbu na tarczy KII, kiedy następuje wyłączenie FR, a przez to — wyłączenie jazdy wolnej SKW góra, co powoduje włączenie jazdy szybkiej SKS góra (przez uprzednio zamknięty styk przekątnika PPS). Kabina jedzie szybko, przy czym stycznik SKS włącza na kabinie elektromagnes ED, wciągający dźwignię otwierania drzwi, natomiast PKS włącza PPW, zamykając obwód korekcyjny dojazdu wolno. Mijając poziom IV nie włączamy jazdy wolnej SKW, gdyż jest ona zablokowana przez SKS, nie działają też wyłączniki dojazdowe korekcyjne WDW, jazdy szybkiej WK, ani otwierania drzwi KK.

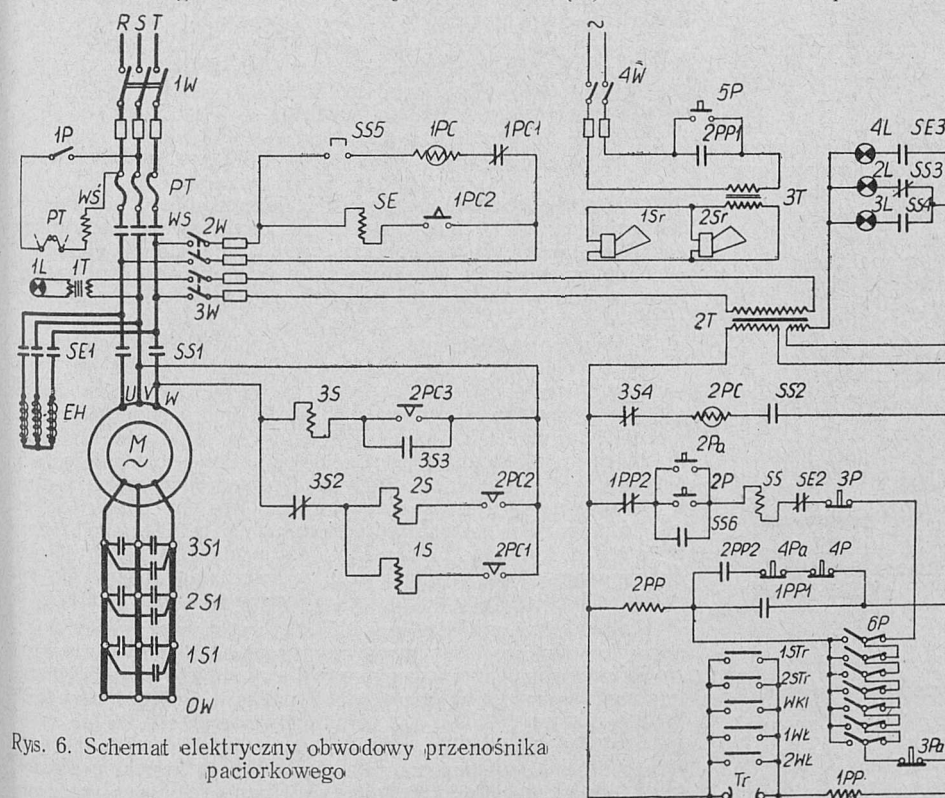
Kabina dojeżdża szybko na ~ 2 m przed poziomem V, kiedy to wycinek izolujący tarczy KI wyłącza przekątnik PKP. Ulega odłączeniu elektromagnes ED i wysuwają się przyciągnięte uprzednio aparaty, wyłącznik WK trafia na krzywkę i wyłącza stycznik jazdy szybkiej SKS; w tym czasie wyłącznik WDW (znajdujący się na krzywce) przygotowuje stycznik jazdy wolnej SKW do włączenia przez styk bierny wyłączzonego stycznika SKS. Kabina dojeżdża wolno do wyłącznika WDW, po czym staje (z tolerancją dojazdu ok. 25 mm). Krzywka kabiny zamyka wyłącznik KK, uruchamiający stycznik drzwi SKD-otwieranie. Drzwi otwierają się aż do położenia krańcowego, gdzie je zatrzymuje wyłącznik krańcowy WKD-otwieranie.

3. Przenośnik paciorkowy („pater-noster“).

Podany na rys. 4 i 5 przykład dotyczy urządzenia 14-kabinowego (6-poziomowego) o prędkości $v = 0,28$ m/s, pracującego w jednym z biurów. Jego przepustowość (liczba pasażerów na godzinę) wynosi dla każdego z kierunków przenoszenia (w założeniu wyzyskania przez pasażerów pełnej wysokości podnoszenia):

$$S = \frac{3600 \cdot K \cdot \varphi \cdot v}{l} \text{ pas./godz.,}$$

gdzie K — liczba pasażerów mieszczących się w kabinie,
 φ — współczynnik zapelnienia kabin pasażerami,
 v — prędkość podnoszenia (m/s), według przepisów $v \leq 0,3$ m/s,
 l — odległość zawieszenia sąsiednich kabin (m).



Rys. 6. Schemat elektryczny obwodowy przenośnika paciorkowego

Dla $K = 2$, $\varphi = 1$, $l = 3,6$ m i $v = 0,28$ m/s otrzymuje się

$$S = \frac{3600 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 0,28}{3,6} = 560 \text{ pasaż./godz.}$$

Liczbę tę można powiększyć w przypadku, gdy pasażerowie będą przejeżdżali jedynie część wysokości podnoszenia.

Układ kabin i napęd mechaniczny przenośnika paciorkowego widoczne są na rys. 5. Wyposażenie elektryczne obejmuje na-

pęd, sterowanie, zabezpieczenia i sygnalizację. Urządzenie przystosowane jest do pracy ciągłej i ruchu jednokierunkowego, co wynika z charakteru pracy przenośnika.

Zastosowano silnik asynchroniczny pierścieniowy (o mocy 9,5 kW) z rozrusznikiem wirnikowym, sterowanym samoczynnie przekątnikiem czasowym typu taktownikowego. Na uwagę zasługuje zastosowanie elektromagnesu hamującego, który zamyka szczelki hamulca przy zatrzymywaniu napędu. Utrzymanie stanu zahamowania podczas postoju przenośnika osiągnięto na drodze mechanicznej.

Włączenie tego elektromagnesu następuje w wyniku działania przekątnika, którego zwłoka czasowa określa czas hamowania napędu. Rozwiązanie powyższe umożliwiało zostało przez zastosowanie specjalnie skonstruowanego styku w styczniku stojanowym silnika. Styk ten (SS5), umocowany walczywie, ma z jednej strony nakładkę bakelitową, a z drugiej nakładkę miedzianą, co umożliwia dorywcze zamykanie obwodu przekątnika jedynie podczas otwierania stycznika stojanowego, nie powoduje natomiast zamykania powyższego obwodu podczas włączania stycznika.

Sterowanie napędem jest proste i obejmuje: a) przyłączenie obwodu głównego i obwodów sterowniczych do sieci, b) uruchamianie silnika oraz c) zatrzymywanie silnika przez obsługę, lub samoczynnie — w przypadkach zakłócenia pracy.

Kaseta sterownicza znajduje się na parterze, jednakże przyciski, włączające i wyłączające napęd oraz sygnalizację akustyczną, umieszczone są również i w maszynowni.

Bardziej skomplikowany jest układ zabezpieczeń, który ze względu na charakter przenośnika musi być dostosowany do wymagań bezpieczeństwa ruchu.

Jako zabezpieczenie na wypadek zerwania się lub złuzowania łańcucha nośnego zastosowano w dolnym położeniu szybu wyłączniki zwisu łańcucha, wyłączające napęd.

Następny rodzaj zabezpieczenia dotyczy wyłączenia silnika w wypadku przyciśnięcia klapy na kabinie, np. przy opóźnionym wsiadaniu; odchyłona klapa powoduje swymi spinaczami zwarcie przewodów ślizgowych, biegnących wzdłuż szybu. Dalsze zabezpieczenie wyłącza silnik w przypadku, gdy pasażer

- 1W — wyłącznik sieciowy
- WS — wyłącznik samoczynny z przekątnikiem PT
- 1P — wyłącznik załączający (kluczykowy)
- 2W, 3W, 4W — wyłączniki pokrętne sterownicze i sygnalizacyjne
- SS — stycznik stojanowy
- 2P, 3P — przyciski załączające i wyłączające
- SE — stycznik elektromagnesu hamującego
- EH — elektromagnes hamujący
- 1PC — przekątnik czasowy (elektromagnesu hamującego)
- OW — opornik rozruchowy wirnikowy
- 1S, 2S, 3S — styczniki rozrusznika wirnikowego
- 2PC — przekątnik czasowy (taktownik rozruchowy)
- 1T, 2T, 3T — transformator sterowniczy i sygnalizacyjny
- 1L — lampka sygnał. — gotowość obwodu głównego
- 2L — lampka sygnał. — stan wyłączenia silnika
- 3L — lampka sygnał. — stan załączenia silnika
- 4L — lampka sygnał. — stan załączenia hamulca
- 1PP — przekątnik pomocniczy obwodu sterowniczego
- 2PP — przekątnik pomocniczy obwodu sygnał. akustycznej
- 4P — przycisk wyłączający sygnał. akust.
- 1Sr, 2Sr — syrena alarmowa — w szybie (góra) i poza szybem (parter)
- 5P — przycisk załączający syrenę
- Tr — przewody ślizgowe w obu szybach
- 6P — przyciski piętrowe wyłączające
- 1STr, 2STr — spinacze przewodów ślizgowych
- WK1 — wyłącznik klapy górnej
- 1WL, 2WL — wyłączniki zwisu łańcucha
- 2Pa, 3Pa, 4Pa, 5P — znajdują się w maszynowni

minąwszy ostatni górny przystanek usiłuje wyskoczyć; wyłącza wtedy uderzoną i odchyłona klapa górna.

Na każdym poziomie znajduje się przycisk piętrowy, zatrzymujący napęd. Wyłączenie w przypadkach nagłych (przyciskiem piętrowym) oraz wyłączenia w razie uszkodzeń powodują równoczesne zadziałanie syren, umieszczonych w górnej części szybu i na zewnątrz szybu na parterze. Tymiż syrenami sygnalizuje się również z maszynowni zamiar uruchomienia lub zatrzymania przenośnika.

Oprócz sygnalizacji akustycznej — jako alarmowej — zastosowano jeszcze sygnalizację świetlną, instalując lampy sygnalne: stanu przyłączenia do sieci, stanu odłączenia względnie uruchomienia napędu oraz działania elektromagnesu hamującego.

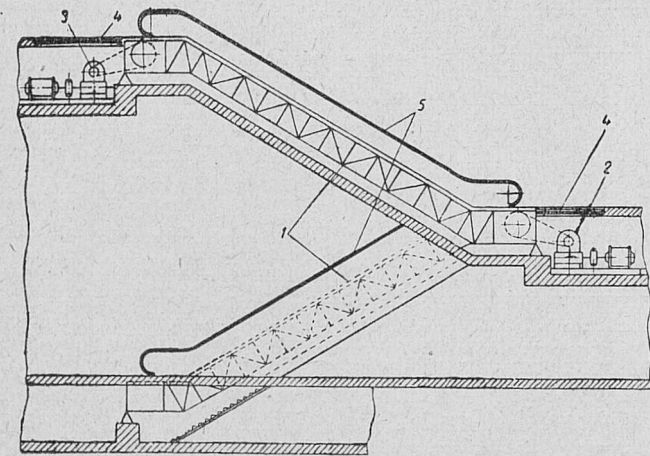
Opisane wyżej wyposażenie elektryczne widoczne jest na schemacie obwodowym przenośnika pociorkowego (rys. 6), na którym wyodrębniono takie fragmenty, jak: a) obwód główny silnika, b) obwody sterownicze elektromagnesu hamującego, c) obwody sterownicze rozrusznika wirnikowego, d) obwody sygnalizacji akustycznej i optycznej, e) obwody sterownicze silnika napędowego. Oznaczenia podane do schematu pozwalają na rozpatrzenie przebiegów, powstających podczas włączania, pracy i wyłączania napędu.



Rys. 7. Schody ruchome dwuosobowe

Przygotowanie układu do sterowania polega na załączeniu wyłączników 1W do 4W oraz stycznika WS. Wtedy (po zasygnalizowaniu syrenami) można przyciskiem 2P włączyć stojan silnika, powodując jednocześnie przekaznikiem czasowym 2PC rozruch.

Wyłączenia normalnego, poprzedzanego sygnalizacją syrenami, dokonywa się przyciskiem 3P, co powoduje również do-



Rys. 8. Szkic schodów ruchomych

1 — konstrukcja nośna biegu 4 — włącz
2, 3 — przekładnie mechanizmów napędowych 5 — poręczce

rywcze włączenie (kontaktem SS5) przekaznika czasowego IPC, a zatem — hamowanie napędu elektromagnesem EH.

Wyłączenia w przypadku zakłóceń powodują działanie przekaznika pomocniczego IPP, co jest równoznaczne z odłączeniem silnika, hamowaniem napędu i z włączaniem sygnalizacji akustycznej (przez przekaznik 2PP).

4. Schody ruchome.

Podany na rys. 7 i 8 przykład dotyczy wykonania zbliżonego do typu schodów stosowanych u nas w miejscach dużego ruchu osobowego. Nie jest to „bieg” o długości 80 m, jakie są przewidziane do budowy u nas, ma jednak napęd i wyposażenie zbliżone do projektowanego wykonania.

Moc głównego silnika napędowego waha się — w zależności od wysokości podnoszenia — w granicach zazwyczaj 30 do 150 kW i według znanego wzoru wynosi

$$P = \frac{G \cdot v}{102 \cdot \eta} \quad (\text{kW}),$$

a ponieważ $G = \frac{h \cdot K \cdot G' \cdot \varphi}{t_{st} \cdot \sin \alpha}$ (kG) oraz $v_p = v \cdot \sin \alpha$ (m/s),

więc

$$P = \frac{h \cdot K \cdot G' \cdot \varphi \cdot v}{102 \cdot t_{st} \cdot \eta} \quad (\text{kW}),$$

gdzie

h — wysokość podnoszenia (m),

α — kąt pochylenia „biegu” (do 30°),

G — ciężar wszystkich pasażerów wzdłuż biegu (kG),

t_{st} — skok stopnia, zwykle $\frac{1}{2,5} = 0,4$ (m),

K — liczba pasażerów na jednym stopniu,

G' — ciężar pasażera (75 kG),

φ — współczynnik jednoczesności obciążenia biegu schodów,

v — prędkość schodów, zwykle 0,5 do 0,9 (m/s),

v_p — składowa pionowa prędkości schodów (m/s),

η — sprawność, zwykle 0,45 do 0,6,

a więc np. dla „biegu” o $h = 20$ m otrzymamy:

$$P = \frac{20 \cdot 2 \cdot 75 \cdot 0,6 \cdot 0,75}{102 \cdot 0,4 \cdot 0,5} = 67 \text{ kW}.$$

Przepustowość schodów, określona liczbą pasażerów przewożonych w ciągu godziny:

$$S = 3600 \frac{K \cdot \varphi \cdot v}{t_{st}} \quad (\text{pas./godz.}),$$

co dla powyższego przykładu wyniesie

$$S = \frac{3600 \cdot 2 \cdot 0,6 \cdot 0,75}{0,4} = 8100 \text{ pas./godz.}$$

Jest to przepustowość liczona w założeniu pracy schodów w jednym kierunku — podnoszenia lub opuszczania. Konstrukcje schodów, umożliwiające robocze wyzyskanie stopni zjeżdżających do przewożenia pasażerów, stanowią niejako dwa „biegi” jednocześnie — wstępujący i zstępujący, mają więc przepustowość odpowiednio większą.

W celu uniezależnienia prędkości schodów od stanu ich obciążenia konieczny jest boczny charakter przebiegu krzywej regulacyjnej silnika napędowego $M = f(n)$. Toteż napęd schodów zapewniają przeważnie silniki indukcyjne asynchroniczne 3-fazowe. Dla mniejszych mocy są to silniki klatkowe, dla większych natomiast pierścieniowe. Silnik pomocniczy, służący do napędu schodów z małą prędkością (podczas ich kontroli i konserwacji), jest prawie zawsze klatkowy. Silnik klatkowy, w przypadku zastosowania go do napędu głównego, zaopatruje się niekiedy w 2-stopniowy rozrusznik stojanowy dla łagodniejszego ruszania schodów; przy włączaniu „biegu” do góry jeden stopień tego rozrusznika zostaje od razu zwarty.

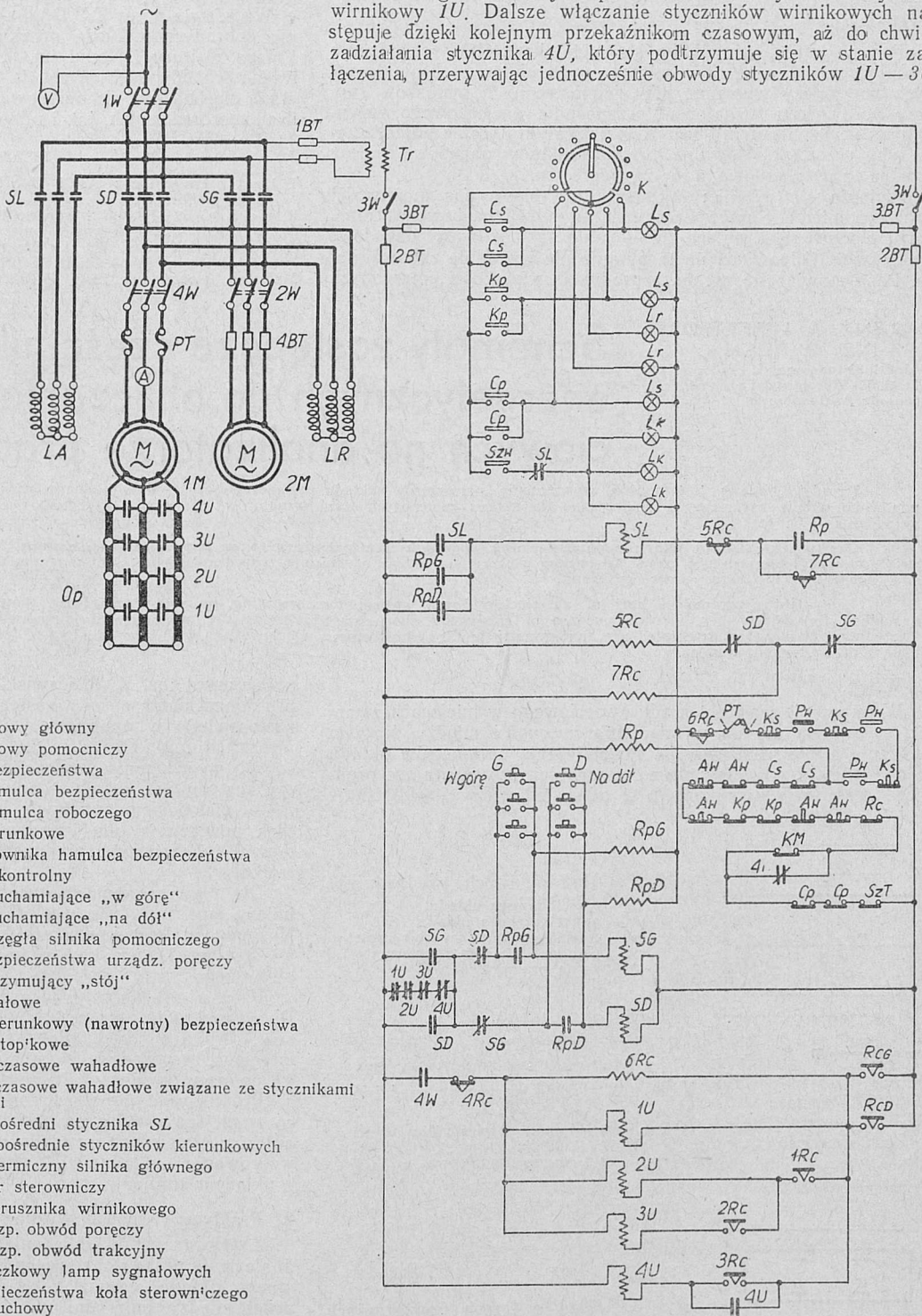
Podany niżej przykład napędu dotyczy silnika asynchronicznego pierścieniowego z samoczynnym rozrusznikiem wirnikowym.

Struktura napędu samoczynnego łączy się z wymaganiami zatrzymania schodów w szeregu przypadków, jak np. przy $v > 1,2 v_{znam.}$ lub $v < 0,9 v_{znam.}$ przy przeciążeniu silnika lub spadku napięcia ponad 10%, przy zerwaniu się łańcucha napędzającego stopnie czy poręczce, jak również przy zerwaniu się poręczki lub łańcucha stopni. Poza tym charakter pracy urządzenia dyktuje rozwiązanie umożliwiające: a) w razie wypadku zatrzymanie schodów przez pasażerów; b) unieruchomienie przez obsługę przy przeglądzie; c) blokadę dużego i małego silnika; d) zatrzymanie samoczynne, gdy dostanie się coś między stałe grzebienie schodów, gdy nastąpi zakłócenie w smarowaniu, gdy łożyska przegrzeją się (termometry stykowe).

Wymagania powyższe stwarzają konieczność stosowania podwójnego układu hamulców: hamulca roboczego oraz hamulca bezpieczeństwa. Każdy z nich zaopatrzony jest w osobny łożysko elektromagnetyczny.

Wyposażenie elektryczne schodów ruchomych składa się w znacznej mierze z takich samych aparatów, jak wyposażenie urządzeń dźwigowych. Niektóre z nich otrzymują jednak wykonanie specjalne, jak np. przytoczone wyżej luzowniki hamulców, przystosowane do pracy ciągłej. Odmianą wyłącznika krańcowego jest wyłącznik zlizowania się łańcucha. Niektóre aparaty mają konstrukcję odmienną od wyposażenia stosowanego w dźwigach, jak na przykład: 1) przełącznik kontrolny (tzw. „szukacz”), przeznaczony do szybkiego zlokalizowania miejsca zakłócenia, powodującego zatrzymanie schodów; 2) przekaźniki czasowe, służące do rozruchu silnika napędowego lub do włączania luzowników hamulcowych; 3) przekaźniki fotoelektryczne, stosowane przy automatyzacji rozruchu. Powyższa aparatura elektryczna jest rozmieszczona w maszynowni lub wzdłuż samego biegu schodów.

Schemat elektryczny typowego sterowania schodami ruchomymi pokazany jest na rys. 9. Dotyczy on napędu 2-kierunkowego silnikiem głównym — pierścieniowym (1M) lub silnikiem pomocniczym — klatkowym (2M). W obwodzie głównym widoczne są również wyszczególnione wyżej luzowniki hamulca



Rys. 9. Schemat elektryczny obwodowy schodów ruchomych

roboczego (LR) oraz hamulca bezpieczeństwa (LA). Znaczenie poszczególnych aparatów podaje legenda do powyższego schematu; niektóre z elementów powtarzają się kilka razy, gdyż tak występują w wyposażeniu schodów.

Przygotowanie układu do uruchomienia silnika głównego polega na załączeniu wyłączników obwodu głównego 1W i 4W oraz obwodu sterowniczego 3W. Przy napędzie silnikiem pomocniczym załącza się 1W, 2W i 3W, co powoduje również włączenie sprzęgła łączącego mały silnik.

Uruchomienie schodów np. „w górę” następuje z chwilą naciśnięcia przycisku G. Przekaźnik pomocniczy RpG podtrzymuje to załączenie i powoduje załączenie stycznika SL (lu-

zowanie przez LA — hamulca bezpieczeństwa). Jednocześnie RpG włącza stycznik kierunkowy SG i silnik rusza z równoczesnym luzowaniem hamulca roboczego. Następnie styk przekaźnika czasowego RcG włącza przekaźnik czasowy 6Rc i stycznik wirnikowy 1U. Dalsze włączanie styczników wirnikowych następuje dzięki kolejnym przekaźnikom czasowym, aż do chwili zadziałania stycznika 4U, który podtrzymuje się w stanie załączenia, przerywając jednocześnie obwody styczników 1U — 3U

oraz przekaźnika 6Rc. Przekaźnik 6Rc ma za zadanie unieruchomić silnik w wypadku niedopuszczalnie długotrwałego rozruchu.

Podane wyżej uruchomienie schodów uwarunkowane jest szeregiem kontaktów uzależniających, widocznych na schemacie. Zatrzymuje się silnik normalnie przez naciśnięcie przycisku Ks, co powoduje wyłączenie przekaźnika RpG i styczników SG, SL, 4U. Silnik zostaje odłączony, oba hamulce hamują (roboczy od razu, bezpieczeństwa po zwłoce czasowej przekaźnika 7Rc).

Zatrzymanie zakłóceniami jednym z przycisków uzależniających ma różny przebieg przy ruchu schodów „w górę” lub „na dół”. Przy ruchu w górę hamowanie jest takie, jak przy nor-

malnym zatrzymaniu, opisanym wyżej. Przy ruchu schodów na dół wyłączenie zakłócenia powoduje odłączenie przełącznika R_p oraz jednocześnie i natychmiastowe hamowanie obu hamulcami.

5. Wnioski.

Podane wyżej przykłady stanowią konkretne rozwiązania pracujących urządzeń. Z zamieszczonych obliczeń eksploatacyjnych nie należy wyciągać zbyt jednostronnych wniosków (np. przy porównaniu wydajności przenośnika pociorkowego z wyciągiem szybkiego), lecz rozpatrywać krytycznie poszczególne typy urządzeń. Również przyjęte układy napędowe należy uważać za przykładowe, a nie za wzorcowe.

Wylania się pytanie: jak kształtują się u nas możliwości upowszechnienia i unowocześnienia urządzeń osobowego transportu pionowego, a na ich tle — jakie są możliwości napędowe elektryczne. Odpowiedź na to pytanie nie wypadnie zadowalająca. Poza rozwiązaniem zgrubsza produkcją większości potrzebnych

aparatów (przemysł kluczowy i Z.U.D.) nie rozwiązana pozostaje sprawa układów napędowych i sterowniczych, jak również właściwych silników czy zespołów maszynowych. Pojedyncze projekty (np. wyciągu szybkiego dla hotelu „Warszawa” w Warszawie przez Z.U.D.) należy uważać jedynie za rozwiązania sporadyczne. Może przykład wyciągów szybkiego w Pałacu Kultury i Nauki im. J. Stalina w Warszawie oraz potrzeba schodów ruchomych dla dworca centralnego w Warszawie staną się bodźcem do opracowania zarówno nowoczesnych urządzeń mechanicznych, jak i odpowiednich napędów elektrycznych.

LITERATURA

- Piątkiewicz A. i Urbanowicz H. Elektryczne wyciągi pionowe, 1954
 Raabe E., Dźwigi towarowe i osobowe, 1939
 Bowin G. M. Eskalatorostroje, 1948.
 Tuszałow W. A. Elektryczne lifty, 1952
 Phillips R. S. Electric lifts, 1939
 Materiały schematowe ZUD, OPUE, firmy S. Sowitsch (Wiedeń)

MGR INŻ. A. LERGETPORER

MGR INŻ. O. REICH

Zakład Elektroenergetyki
 Politechniki Wrocławskiej
 Pracownia Analizatorowa

Schematy zastępcze części układów elektroenergetycznych do obliczania prądów zwarciovych na analizatorze prądu stałego

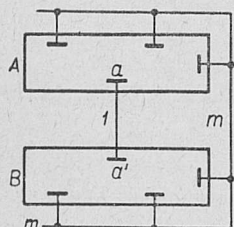
Treść. Podany jest sposób wyznaczenia parametrów układu zastępczego części układu energetycznego do obliczeń zwarciovych. Proponowane układy zastępcze są analogiczne do układu zastępczych transformatorów, co wynika z jednakowych założeń wyznaczania parametrów układów zastępczych.

Схемы замещения части энергетической системы для расчета токов короткого замыкания. Дается метод определения параметров такой схемы. Предложенные схемы замещения аналогичны схемам замещения трансформаторов. Это является следствием одинаковых предположений для определения параметров схем замещения.

Equivalent diagrams of part of an electric power system for computing, on a D. C. analyser, short-circuit currents. The authors quote currents, the parameters of an equivalent system for part of a power system. The equivalent diagrams suggested are analogous to that for transformers, which results from the identity of hypotheses for determining the parameters of equivalent systems.

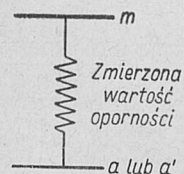
1. Wstęp.

Wyznaczenie wartości prądu zwarciovego w miejscach zwarcia sprowadza się do wyznaczenia oporności między źródłem zasilania a miejscem zwarcia. Po obliczeniu parametrów układu modelujemy go na analizatorze. Oporności, reprezentujące prądnicę, łączymy jednym końcem w odpowiednich węzłach, drugie



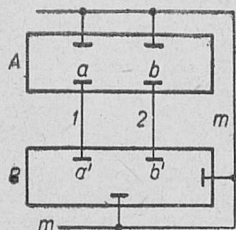
Rys. 1. Układ o dwóch powiązaniach

A, B — części danego układu
 a, a' — punkt rozcięcia układu
 m — element sprzęgający obie części układu (linia lub transformator)
 I — szyna prądnicowa



Rys. 2. Układ zastępczy części A z rys. 1

a (lub a') — punkt rozcięcia obu części układu z rys. 1
 m — szyna prądnicowa



Rys. 3. Układ o trzech powiązaniach

$1, 2$ — elementy sprzęgające układy
 m — szyna prądnicowa

zaś końce łączymy przy pomocy tzw. szyny prądnicowej. Z tego sposobu odwzorowania wynika ważna konsekwencja: jeżeli dwa rzeczywiste układy powiązane są ze sobą w n punktach węzłowych, to na analizatorze powiązane są w $n+1$ punktach; dodatkowym punktem powiązania jest szyna prądnicowa. Niżej będzie zawsze mowa o analizatorowej liczbie powiązań.

Często istnieje potrzeba analizy zwarciovowej jednej części układu energetycznego; stąd powstaje potrzeba, a niekiedy konieczność znajomości układu zastępczego części pozostałej. W

pracy mgr inż. Z. Skoczyńskiego i mgr inż. A. Przyluskiego pt. „Uogólnienie zasady zastępczej siły elektromotorycznej i jej zastosowanie w analizatorowych obliczeniach prądów zwarciovych” (Przegl. Elektr., 1952, z. 10, str. 421–425) podany jest sposób wyznaczania wartości oporów układu zastępczego. Autorzy zastępują układ A — powiązany w n punktach z układem B — wielobokiem zupełnym, którego wierzchołki leżą w punktach powiązania obu układów. W wypadku powiązania układów A i B w trzech punktach układ zastępczy otrzyma postać trójkąta.

Dla wyznaczenia oporności elementów układu zastępczego należy zmierzyć dwie wartości prądu i trzy wartości napięcia. Następnie należy rozwiązać układ trzech równań z trzema niewiadomymi. Dwa z tych równań są stopnia drugiego, jedno — pierwszego.

Przy $n=4$ układ należy zastąpić czworobokiem zupełnym. Do wyznaczenia parametrów układu należy rozwiązać układ sześciu równań z sześciu niewiadomymi, z których trzy są stopnia trzeciego, a pozostałe stopnia drugiego. Uprzednio należy drogą pomiaru wyznaczyć 15 współczynników.

Rozwiązanie powyższych układów równań jest pracą żmudną, co zmniejsza praktyczną przydatność metody. Wady jej skłoniły autorów niniejszych uwag do opracowania prostego sposobu odwzorowania układu elektroenergetycznego, współpracującego z układem analizatorowym.

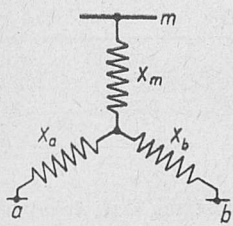
2. Praktyczny sposób wyznaczania układów zastępczych.

Z założeń metod obliczania prądów zwarciovych wynika, że znalezienie układu zastępczego sprowadza się do znalezienia pewnego układu oporności, od którego wymaga się, żeby oporności między punktami układu zastępczego były odpowiednio równe opornościom między punktami rozcięcia rzeczywistej sieci. Dla wypadku więc powiązania dwu części rozpatrywanego układu ($n=2$) w dwu punktach (w rzeczywistości powiązanie jest w jednym punkcie węzłowym) wyznaczenie układu zastępczego części A sprowadza się do podanego na rys. 1.

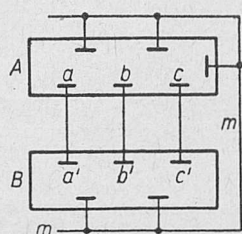
Modelujemy układ A i wyznaczamy oporność między punktem rozcięcia układu (a lub a') i szyną prądnicową m . Układ zastępczy części A przybiera postać podaną schematycznie na rys. 2.

Dla $n=3$ układ zastępczy części A (rys. 3), sprowadzony do zacisków a, b (lub a', b') i szyny prądnicowej m , wyznaczamy w sposób następujący: 1) modelujemy układ A do zacisków a i b ; 2) mierzymy oporności między punktami $a-b$, $a-m$, $b-m$ (X_{ab} , X_{am} , X_{bm}), gdzie m jest symbolem szyny prądnicowej; 3) zgodnie z założeniem metody wyznaczenia układu za-

stepczego (równość odpowiednich oporności) układamy trzy następujące równania, obierając układ zastępczy w postaci gwiazdy (rys. 4):



Rys. 4. Układ zastępczy w postaci gwiazdy



Rys. 5. Układ o czterech powiązaniach

$$\begin{aligned} (1) \quad X_{am} &= X_a + X_m, \\ (2) \quad X_{bm} &= X_b + X_m, \\ (3) \quad X_{ab} &= X_a + X_b. \end{aligned}$$

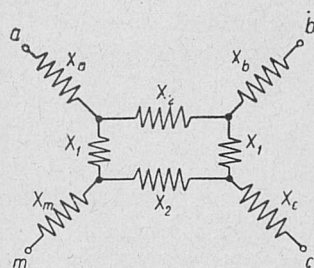
Dla wyznaczenia wartości X_b dodajemy równania (1), (2) i (3) stronami i odejmujemy równanie (1) pomnożone przez 2; w ten sposób otrzymamy:

$$2X_b = X_{bm} + X_{ab} - X_{am},$$

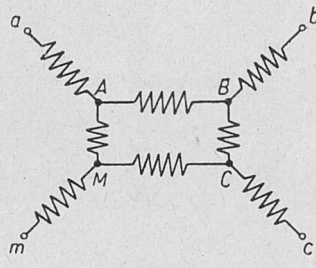
$$\text{skąd} \quad X_b = \frac{1}{2} (X_{bm} + X_{ab} - X_{am}).$$

W analogiczny sposób otrzymamy wartości X_a i X_m , a więc i następujący układ trzech równań:

$$(4) \quad X_a = \frac{1}{2} (X_{ab} + X_{am} - X_{bm}),$$



Rys. 6



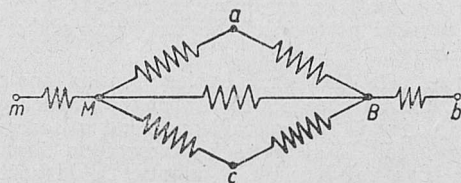
Rys. 7

$$(5) \quad X_b = \frac{1}{2} (X_{ab} + X_{bm} - X_{am}),$$

$$(6) \quad X_m = \frac{1}{2} (X_{am} + X_{bm} - X_{ab}).$$

Równania (4), (5) i (6) pozwalają wyznaczyć w sposób prosty szukane wartości oporności układu zastępczego.

Jeśli suma dowolnych dwu oporności zmierzonych jest mniejsza od trzeciej oporności, to wartość oporności X_a lub X_b , względnie X_m wypadnie ujemna.



Rys. 8

Należy zaznaczyć, że w rezultacie przekształcenia gwiazdy w równoważny trójkąt otrzymamy wartości oporności, spełniające równania podane we wspomnianym wyżej artykule.

Wzory (4), (5), (6) są analogiczne do wzorów dla transformatora trójzwojowego. Ta analogia nasunęła myśl zastosowania dla $n=4$ zależności, z których korzystamy przy wyznaczaniu układu zastępczego transformatora czterozwojowego.

Proponowany układ zastępczy układu powiązanego z drugim w $n=4$ punktach (rys. 5) będzie miał postać podaną na rys. 6. Układ zastępczy części A (rys. 5), sprowadzony do zacisków a, b, c, m , wyznaczamy w sposób następujący: modelujemy układ A do zacisków a, b, c i mierzymy sześć oporności: $X_{ab}, X_{ac}, X_{am}, X_{bc}, X_{bm}, X_{cm}$.

Z następujących równań

$$\begin{aligned} X_{ab} &= X_a + X_b + \frac{X_2 (2X_1 + X_2)}{2(X_1 + X_2)}, \\ X_{ac} &= X_a + X_c + \frac{X_1 (2X_2 + X_1)}{2(X_1 + X_2)}, \\ X_{am} &= X_a + X_m + \frac{X_1 (2X_2 + X_1)}{2(X_1 + X_2)}, \\ X_{bc} &= X_b + X_c + \frac{X_1 (2X_2 + X_1)}{2(X_1 + X_2)}, \\ X_{bm} &= X_b + X_m + \frac{X_1 + X_2}{2}, \\ X_{cm} &= X_c + X_m + \frac{X_2 (2X_1 + X_2)}{2(X_1 + X_2)}. \end{aligned} \quad (7)$$

wyznaczamy*) sześć wartości X_a, X_b, X_c, X_m, X_1 i X_2 :

$$X_a = \frac{X_{ab} + X_{am} - X_{bm}}{2} - \frac{\sqrt{U \cdot V}}{2},$$

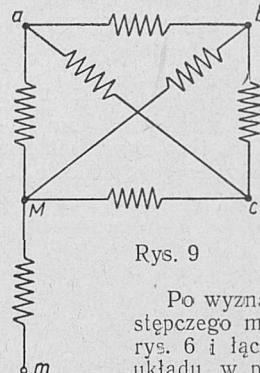
$$X_b = \frac{X_{ab} + X_{bc} - X_{ac}}{2} - \frac{\sqrt{U \cdot V}}{2},$$

$$X_c = \frac{X_{bc} + X_{cm} - X_{bm}}{2} - \frac{\sqrt{U \cdot V}}{2},$$

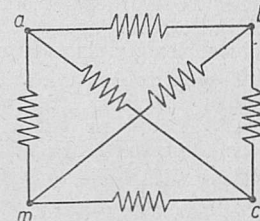
$$X_m = \frac{X_{am} + X_{cm} - X_{ac}}{2} - \frac{\sqrt{U \cdot V}}{2},$$

$$X_1 = \sqrt{U \cdot V} + U, \quad X_2 = \sqrt{U \cdot V} + V,$$

gdzie $U = X_{ac} + X_{bm} - X_{ab} - X_{cm}$ i $V = X_{ac} + X_{bm} - X_{am} - X_{cb}$.



Rys. 9



Rys. 10

Po wyznaczeniu oporności elementów układu zastępczego modelujemy układ w postaci podanej na rys. 6 i łączymy w punktach a, b, c z częścią B układu, w punkcie m z szyną prądnicową. Całość, a mianowicie układ zastępczy części A łącznie z częścią B, zapewnia takie same warunki zwarcia dla dowolnego punktu układu B, co układ A i B łącznie.

Należy zaznaczyć, że układ zastępczy podany w postaci rys. 6 możemy zmienić drogą odpowiednich przekształceń na wielobok zupełny. Kolejność przekształceń jest następująca (rys. 7): gwiazdę $a-A, M-A, B-A$ oraz gwiazdę $c-C, M-C, B-C$ przekształcamy w równoważne trójkąty. Otrzymujemy układ jak na rys. 8. Wieloramienną gwiazdę $a-B, b-B, c-B, M-B$ przekształcamy w wielobok zupełny i otrzymujemy układ według rys. 9. Wieloramienną gwiazdę $m-M, a-M, b-M, c-M$ zamieniamy na wielobok zupełny otrzymując układ jak na rys. 10. Oczywiście, nie ma potrzeby przekształcania układu z rys. 6 w wielobok zupełny. Przekształcenie to podano dla wykazania równoważności proponowanych układów w obu metodach.

3. Wady i zalety metody.

Wady: metoda nie jest uniwersalna, dla każdej liczby punktów powiązania należy znaleźć odpowiedni układ zastępczy. Opracowano układ dla $n=2, n=3, n=4$. Jednakowoż wszystkie praktycznie istniejące systemy można rozdzielić na dwie części, rozcinając układ w 4 punktach.

Zalety: dla praktycznie stosowanej liczby rozcięć podano wzory, pozwalające w sposób prosty wyznaczyć szukane wartości. Liczba pomiarów jest mała, np. dla $n=3$ dokonujemy 3 pomiarów, dla $n=4$ sześciu pomiarów. Pomiary wykonujemy posługując się jednym przyrządem, a mianowicie omomierzem. W metodzie IElu potrzebne są dwa woltomierze i amperomierz.

*) Rozwiązanie równań (7) dla transformatora czterozwojowego ob. Polewoj W. A. — Schemy zamieszczenia transformatorów z rozszczepionymi obwódkami. Elektryczestwo, 1949, z. 10, str. 59.

BIULETYN INSTYTUTU ELEKTROTECHNIKI

Rok VIII — nr 4

Warszawa, Piętna 68

Maj 1954 r.

Instytut Elektrotechniki
Zakład Radiologii Przemysłowej

INTROWIZOR — APARAT RENTGENOWSKI DO LOKALIZACJI CIAŁ OBCYCH

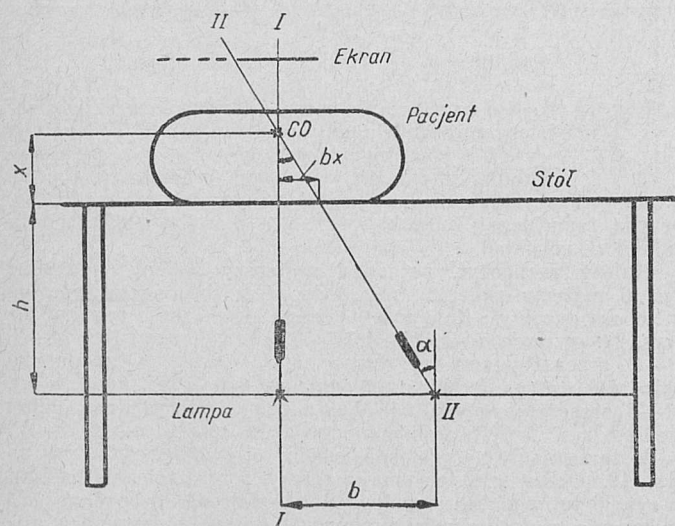
Zakład Radiologii Przemysłowej opracował model aparatu rentgenowskiego do określenia położenia ciał obcych w ciele pacjenta. Aparat taki zwany introwizorem znajduje zastosowanie w chirurgii. W rentgenologii lekarskiej od dawna były znane i stosowane różne metody lokalizacji, lecz wszystkie one wymagały bądź stosowania złożonej aparatury, bądź obliczeń i nie wskazywały wprost położenia ciała obcego w czasie zabiegu operacyjnego.

Metoda podana przez prof. H. Steinhausa (Wrocław) jest jedyną metodą, która nie tylko pozwala na dokładne określenie położenia ciała obcego, lecz jednocześnie uwidocznia to ciało wprost w ciele pacjenta przez odwzorowanie go, nie narażając przy tym obserwatora na szkodliwe działanie promieni X.

Model introwizora wykonany w Instytucie opiera się na zasadzie odwzorowania ciała obcego podanej przez prof. Steinhausa, wykonanie zaś samego lokalizatora zostało oparte na własnym, nowym rozwiązaniu konstrukcyjnym. Dzięki temu wykonanie techniczne całej aparatury doznało znacznego uproszczenia.

Introwizor składa się z dwóch lokalizatorów — rentgenowskiego i optycznego. Pierwszy służy do odnalezienia ciała obcego i określenia jego położenia w ciele pacjenta, drugi służy do uwidocznienia ciała obcego przez optyczne odwzorowanie go.

Zasadę działania lokalizatora rentgenowskiego podaje rys. 1. Wiązka promieni X, której promień główny przedstawia prosta $I—I$, skierowana jest w pierwszym położeniu lokalizatora pionowo. Przechodzi ona przez ciało pacjenta i na ekranie fluoryzującym daje obraz ciała obcego CO , znajdującego się w odległości x od powierzchni stołu (na której spoczywa pacjent).



Rys. 1 Zasada działania introwizora

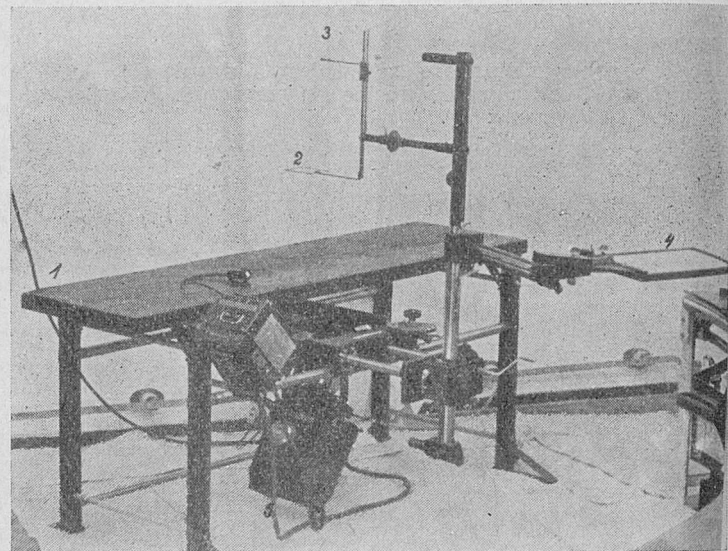
ści x od powierzchni stołu (na której spoczywa pacjent). W drugiej fazie lokalizacji lampę rentgenowską przekręca się tak, że teraz promień główny (prosta $II—II$) tworzy kąt α z pionem. Jednocześnie lampę przesuwają na odległość b tak, żeby promień główny ponownie przechodził przez ciało obce CO i dawał jego obraz na ekranie (ekran również przesunięto z położenia począ-

tkowego). Jak wynika z rysunku, szukaną odległość x (położenia ciała obcego nad stołem) można wyznaczyć ze wzoru

$$x = \frac{b}{\tan \alpha} - h,$$

gdyż przesuw lampy b odczytuje się wprost na skali lokalizatora, wielkości zaś α i h są stałe. Introwizor wykonano tak, że odległość x odczytuje się w centymetrach wprost na skali lokalizatora.

Po zakończeniu opisanej lokalizacji rentgenowskiej dokonuje się lokalizacji optycznej (bez użycia promieni X). Lokaliza-



Rys. 2. Widok introwizora (lokalizacja optyczna)

1 — stół 3 — żaróweczka 4 — ekran (odsunięty znad stołu)
2 — szybka 5 — lampka rentgenowska

tor optyczny jest wykonany w ten sposób, że nad stołem, na którym spoczywa pacjent, umieszczona jest szybka, nad którą znajduje się żaróweczka (mogąca przesuwac się pionowo w górę i w dół względem szybki). Lokalizacja optyczna polega na takim ustawieniu żaróweczki nad szybką, żeby jej obraz widziany w szybie pokrywał się z położeniem ciała obcego. Lokalizator optyczny jest tak wykonany, że oś, którą tworzą żaróweczka i jej obraz w szybie, pokrywa się z osią rentgenowskiego promienia głównego (przy położeniu pionowym $I—I$), przy czym żaróweczka w swym położeniu wyjściowym znajduje się w takiej odległości od szybki, że jej obraz wypada na powierzchni stołu. Wystarczy więc po dokonaniu lokalizacji rentgenowskiej i określeniu odległości x przesunąć żaróweczkę o tę odległość w dół, aby uzyskać pokrycie się obrazu jej w szybie z położeniem ciała obcego.

W praktyce cała lokalizacja, polegająca na znalezieniu na ekranie obrazu ciała obcego przy dwóch położeniach lampy rentgenowskiej (pionowo i po przechyleniu o kąt α), odczytaniu odległości x na skali lokalizatora i przesunięciu żaróweczki na tę odległość trwa zaledwie ok. 1 minuty. Dokładność wskazań uzyskana na introwizorze wynosi ok. 1 mm.

Próby z introwizorem, wykonanym w Instytucie, potwierdziły słusność metody prof. Steinhausa i udowodniły możliwość jej praktycznego zastosowania. Rys. 2 podaje widok modelu tego introwizora.

Mgr inż. Józef Domanus

PRZEGLĄD DOKUMENTACYJNY ELEKTROTECHNIKI

opracowany przez OŚRODEK DOKUMENTACJI ELEKTROTECHNIKI

Dodatek do miesięcznika PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY

Rocznik 6

Warszawa, lipiec 1954 r.

Nr 7

Gwiazdkami obok porządkowych liczb artykułów, oznaczone są publikacje znajdujące się w bibliotece Instytutu Elektrotechniki

Wiadomości ogólne

322* 621.3.015:621.313.3—9 D1

Miller C. E.: **Dobór napięcia zasilającego w zależności od mocy silników synchronicznych i indukcyjnych.** „Voltage rating versus horsepower of synchronous and induction motors”. Trans. amer. Inst. electr. Engrs. New-York, t. 71, cz. 2, 1952, s. 306; A4, 5,5 str., 2 fot., 4 rys., 3 wykr., 1 tabl. — Czynniki decydujące o wyborze napięcia znamionowego silników w zakładach przemysłowych dysponujących kilkoma poziomami napięć. Wpływ napięcia znamionowego na mechaniczną konstrukcję uzwojeń stojana. Wpływ prędkości znamionowej. Porównanie własności silników synchronicznych i indukcyjnych. Próby wysokim napięciem. Wpływ napięcia znamionowego na sprawność i współczynnik mocy silników. Wymagania eksploatacyjne i gospodarcze. Wytyczne doboru napięcia znamionowego w zależności od mocy silnika.

323* 621.3.017.3.001.24:621.317.43:621.3.018.12 D1

Rozienbłat M. A.: **Przesunięcie fazowe między pierwszymi harmonicznymi indukcji i natężenia pola magnetycznego i pomiar strat w stali.** „Sdwig faz między pierwszymi harmonicznymi indukcji i napięzościami magnitnowo pola i izmierienie potier w stali”. Elektrizestwo, Moskwa, mies., Nr 4, A4, 52, s. 58; A4, 4,5 str., 4 rys., 2 wykr. — Odskształcenie sinusoidy napięcia, wywołane opornością w obwodzie uzwojenia pierwotnego. Przesunięcie fazowe między pierwszymi harmonicznymi indukcji i natężenia pola magnetycznego zależy nie tylko od strat w stali rdzenia, ale i od oporności obwodu magnesującego. Błędy stosowanych zwykle sposobów pomiaru i obliczania strat w stali. Metody dla otrzymania dokładnych wyników.

324* 621.3.017.71:621.3.048.1.001.5 D1

Cypher G. A., Harrington R.: **Ocena funkcjonalna układu izolacyjnego silnika.** „Functional evaluation of motor insulation systems”. Trans. amer. Inst. electr. Engrs., New-York, t. 71, cz. 3, 1952, s. 251; A4, 2 str., 3 fot., 4 poz. bibl. — Metoda badania wytrzymałości cieplnej izolacji silnika na odpowiednim modelu. Cykl prób obejmuje nagrzewanie cewki próbnej, poddawanie jej drganiom mechanicznym, działaniu wilgoci i próbom napięciowym. Podana metoda pozwala na szybką ocenę materiałów izolacyjnych.

325* 621.313.001.24:621.3.048.18 D1

Harrington D.: **Sily w połączeniach czołowych maszyn.** „Forces in machine end windings”. Trans. amer. Inst. electr. Engrs., New-York, t. 71, cz. 3, 1952, s. 849; A4, 9,5 str., 17 rys., 4 tabl., 5 poz. bibl. — Metoda obliczania sił działających na połączenia czołowe maszyn przy zwarciu. Wyprowadzenie wzorów na obliczenie siły przy różnych wzajemnych położeniach przewodów oraz na obliczenie największej całkowitej siły. Przykład obliczenia.

326* 621.3.048.1:621.313.12.001.42 D1

Marcroft H. C.: **Badania uzwojeń prądnic w warunkach eksploatacji.** „Fields studies of generator windings”. Trans. amer. Inst. electr. Engrs., New-York, t. 71, cz. 3, 1952, s. 822; A4, 7,5 str., 1 rys., 2 wykr., 3 tabl., 7 poz. bibl. — Wyniki gruntownych badań laboratoryjnych izolacji uzwojeń 5 prądnic. Dla prądnic tych przeprowadzono próby wysokim napięciem zmiennym i stałym, próby stałym napięciem o niewielkiej wartości dla zbadania absorpcji dielektrycznej i pomiary kąta stratności. Próby dostarczyły danych co do przyczyn uszkodzeń izolacji uzwojeń prądnic synchronicznych.

327* 621.313.126:621.313.322.1 D1

Fraus H. G., Mc Clure F. N., Ferguson W. H.: **Dobór charakterystyk napędzanych silnikami wzbudnic prądnic turbinowych.** „Selection of characteristics for turbine-generator motor-driven exciters”. Trans. amer. Inst. electr. Engrs., New-York, t. 71, cz. 3, 1952, s. 176; A4, 7 str., 3 rys., 7 wykr., 3 tabl., 4 poz. bibl. — Zalety i wady układu z wzbudnicą napędzaną obcym silnikiem w stosunku do wzbudnicy osadzonej na wale prądnicy turbino-wej. Metoda doboru charakterystyki wzbudnicy przy zastosowa-

niu wzbudzenia obcego. Przykład obliczenia charakterystyk wzbudnicy przy forsowaniu wzbudzenia podczas zwarcia.

328* 621.313.126—712:621.3.017.72 D1

Porter F. M., Margolis H. B.: **Doświadczenia eksploatacyjne z osadzonymi na wale prądnicy wzbudnicami o chłodzeniu powietrznym i wodorowym.** „Operating experience with shaft-driven exciters in air and hydrogen”. Trans. amer. Inst. electr. Engrs., New-York, t. 71, cz. 3, 1952, s. 758; A4, 10,5 str., 10 fot., 2 rys., 5 tabl., 4 poz. bibl. — Opis wzbudnic prądnic turbinowych o chłodzeniu powietrznym i wodorowym. Doświadczenia eksploatacyjne z wzbudnicami obydwu rodzajów, zagadnienia nadzoru i konserwacji oraz zużycia szczotek. Rozwój konstrukcji wzbudnic chłodzonych wodorem.

329* 621.313.13:621—523 D1

Volta E.: **W sprawie wymiarowania małych silników prądu stałego do serwo mechanizmów.** „Sul dimensionamento di piccoli motori a corrente continua per servomeccanismi”. Elettrotecnica, Milano, mies., t. 40, Nr 5, maj 53, s. 248; A4, 9 str., 3 rys., M 7 wykr., 3 tabl., 7 poz. bibl. — Warunki pracy małych silników w układach regulacyjnych. Zasady obliczania silników do serwo-mechanizmów i określania ich podstawowych charakterystyk. Porównanie różnych kształtów obwodu magnetycznego. Obliczanie charakterystycznych wielkości magnetycznych maszyny. Wytyczne konstrukcji małych silników. Przykład liczbowy.

330* 621.313.13—181.4:621.3.048.1 D1

Mathes K. N.: **Trwałość izolacji małych silników.** „Aging of small motor insulation”. Trans. amer. Inst. electr. Engrs., New-York, t. 71, cz. 3, 1952, s. 254; A4, 8,5 str., 13 wykr., 6 tabl., 11 poz. bibl. — Wyniki badań trwałości izolacji przeprowadzonych na medelach jak również na gotowych silnikach. Próbom poddano druty nawojowe w izolacji bawełnianej, szklanej i poliwinylowej przy zastosowaniu czterech rodzajów lakierów. Izolację badano na odporność na ciepło, wilgoć i na działanie soli.

331* 621.313.2:621.3.014.3 D1

Darling A. G., Linville T. M.: **Prędkość narastania prądu zwarciowego silników i prądnic prądu stałego.** „Rate of rise of short circuit current of D-C motors and generators”. Trans. amer. Inst. electr. Engrs., New-York, t. 71, cz. 3, 1952, s. 314; A4, 11,5 str., 15 wykr., 2 tabl., 5 poz. bibl. — Związek pomiędzy prędkością narastania prądu zwarciowego a indukcyjnością obwodu głównego maszyny. Tabele i wykresy indukcyjności różnych rodzajów maszyn prądu stałego. Zestawienie wzorów stanu przejściowego przy zwarciu maszyny prądu stałego.

332* 621.313.2—181.2:621.3.047.2:621.3.013.4 D1

Linville T. M., Rosenberry G. M.: **Komutacja wielkich silników i prądnic prądu stałego.** „Commutation of large D-C motors and generators”. Trans. amer. Inst. electr. Engrs., New-York, t. 71, cz. 3, 1952, s. 326; A4, 10 str., 6 rys., 11 wykr., 2 tabl., 11 poz. bibl. — Metoda analizowania przebiegu komutacji na podstawie obliczenia wartości chwilowych napięć międzywywinkowych i podczas komutacji. Obliczanie krzywej napięć międzywywinkowych i porównanie z krzywymi zdjętymi oscylograficznie. Obliczanie indukcyjności zewzwojów maszyn prądu stałego.

333* 621.313.226.3:621.316.722:621.313.32—181.2 D1

Heffron W. G., Phillips R. A.: **Działanie nowego amplitdynowego regulatora napięcia przy niedowzbudzeniu wielkich prądnic turbinowych.** „Effect of a modern amplitdine voltage regulator on underexcited operation of large turbine generators”. Trans. amer. Inst. electr. Engrs., New-York, t. 71, cz. 3, 1952, s. 692; A4, 5 str., 3 rys., 6 wykr., 8 poz. bibl. — Analiza działania ręcznego analizatora napięcia i nowoczesnego regulatora z amplitdyną przy niedowzbudzeniu prądnicy turbinowej. Stwierdzono, że zastosowanie regulatora amplitdynowego zwiększa znacznie stałość pracy przy niedowzbudzeniu i że przy tym sposobie regulacji można obniżyć znacznie koszt maszyny przez zmniejszenie stosunku zwarcia.

- 334* 621.313.226.3:621.316.722:621.313.32—181.2 D1
Hunter W. A., Temoshok M.: **Rozwój nowoczesnych amplitudowych regulatorów napięcia dla wielkich prądnic turbinowych.** „Development of a modern amplitude voltage regulator for large turbine generators.” Trans. amer. Inst. electr. Engrs., New-York, t. 71, cz. 3, 1952, s. 894; A4, 7 str. 3 fot., 4 rys., 4 wyk., 2 tabl., 13 poz. bibl. — Historia rozwoju regulatorów napięcia od regulatora Tirrilla do regulatora z amplitudą. Opis działania regulatora opracowanego specjalnie dla prądnic turbinowych i kompensatorów synchronicznych. Charakterystyczne cechy i opis jego części składowych.
- 335* 621.313.3—8:621.3.048.1.001.42 D1
Cameron A. W. W.: **Ocena stanu izolacji prądnic prądu zmiennego za pomocą prób nieszkodliwych dla izolacji.** „Diagnoses of A-C generator insulation condition by nondestructive test.” Trans. amer. Inst. electr. Engrs., New-York, t. 71, cz. 3, 1952, s. 263; A4, 11,5 str., 1 fot., 14 wyk., 2 tabl., 11 poz. bibl. — Program prób umożliwiających ocenę stanu izolacji maszyny elektrycznej bez obawy o jej uszkodzenie. Opis poszczególnych prób: próba ładowania prądem stałym i wyładowania, zdjęcie zależności oporności izolacji od napięcia, zdjęcie zależności kąta stratności od napięcia i próba na jonizację. Wyniki prób przeprowadzonych na 5 prądnicach. W dyskusji wyjaśniono stronę fizyczną przeprowadzonych prób.
- 336* 621.313.32:621.3.018.6.001 D1
Kron G.: **Nowa teoria kołysania się maszyn.** „A new theory of hunting.” Trans. amer. Inst. electr. Engrs., New-York, t. 71, cz. 3, 1952, s. 859; A4, 7,5 str., 3 rys., 16 poz. bibl. — Dotychczasowe metody ujmowania zjawiska kołysania się maszyn synchronicznych. Nowa metoda układania równań kołysania się zespołów maszyn w oparciu o schematy zastępcze. Ustalanie warunków stateczności.
- 337* 621.313.32.043.2:621.3.048.2 D1
Tomlinson H. R.: **Próba izolacji między blachami stojana maszyny synchronicznej.** „Interlaminar insulation test for synchronous machine stators.” Trans. amer. Inst. electr. Engrs., New-York, t. 71, cz. 3, 1952, s. 676; A4, 2 str., 1 rys., 3 poz. bibl. — Próba izolacji blach stojana przez magnesowanie rdzenia specjalnie nawiniętym uzwojeniem. Lokalne przegrzania rdzenia wskazują na uszkodzenie izolacji między blachami. Sposób obliczania uzwojenia magnesującego. Przykład obliczania uzwojenia i wyniki prób przeprowadzonych na prawej prądnic.
- 338* 621.313.32.044.3:621.318.2 D1
Brainard M. W.: **Maszyny synchroniczne z wirującą magnesi-
nicą o trwałych magnesach. Część I. Charakterystyka i konstrukcja mechaniczna.** „Synchronous machines with rotating permanent — magnet fields. Part. I. Characteristics and mechanical construction.” Trans. amer. Inst. electr. Engrs., New-York, t. 71, cz. 3, 1952, s. 670; A4, 6 str., 9 fot., 1 rys., 2 wyk., 10 poz. bibl. — Opis konstrukcji wirników maszyn synchronicznych o trwałych magnesach. Porównanie ze zwykłymi prądnicami. Zmienność i regulacja napięcia oraz zastosowanie prądnic o trwałych magnesach. Sposoby magnesowania i stabilizowania magnesu.
- 339* 621.313.32.044.3:621.318.2 D1
Strauss F.: **Maszyny synchroniczne z wirującą magnesi-
nicą o magnesach trwałych. Część II.** „Synchronous machines with rotating permanent magnet fields. Part. II.” Trans. amer. Inst. electr. Engrs., New-York, t. 71, cz. 3, 1952, s. 887; A4, 6,5 str., 8 rys., 7 wyk., 1 tabl., 10 poz. bibl. — Sposób obliczania pod względem elektromagnetycznym maszyn synchronicznych o magnesach trwałych. Obliczenie obwodu magnetycznego i rozprze-
szeń. Zagadnienie indukcji w szczelinie. Oporności indukcyjne uzwojenia twornika i stosunek zwarcia.
- 340* 621.313.32.044.53:621.317.33 D1
Dalton F. K., Cameron A. W. W.: **Uproszczony pomiar oporności przejściowej wstępnej oraz oporności dla składowej przeciwnej w maszynie synchronicznej z biegunami wydatnymi.** „Simplified measurement of subtransient and negative sequence reactances in salient-pole synchronous machines.” Trans. amer. Inst. electr. Engrs., New-York, t. 71, cz. 3, 1952, s. 752; A4, 5,5 str., 1 rys., 3 wyk., 6 poz. bibl. — Podano nową metodę pomiaru oporności przejściowej wstępnej oraz oporności dla składowej przeciwnej przy nieruchomym wirniku. Nowa metoda jest znacznie wygodniejsza od metody podanej w normach i pozwala wyciągnąć dodatkowe wnioski np. co do skuteczności działania uzwojenia tłumiącego.
- D1 341* 621.313.322.017.72
Baudry R. A., Heller P. R., Reamey H. K.: **Ulepszone chłodzenie prądnic turbinowych.** „Improved cooling of turbine-generator windings.” Trans. amer. Inst. electr. Engrs., New-York, t. 71, cz. 3, 1952, s. 214; A4, 6 str., 4 fot., 2 rys., 12 wyk., 16 poz. bibl. — Zastosowanie chłodzenia wodorem utworzenia wirnika i stojana prądnicy turbinowej przez bezpośrednie zetknięcie wodoru z gołą miedzią. Przeprowadzone pomiary współczynnika oddawania ciepła w tych warunkach wskazują na możliwość znacznie większego wykorzystania materiałów zwłaszcza przy zastosowaniu chłodzenia wodorowego pod znacznym ciśnieniem. W oparciu o podany system chłodzenia ma być zbudowana prąd-
nica o mocy 200 MW przy 3600 obr./min.
- 342* 621.313.322.1—712 D1
Beckwith S.: **Chłodzenie prądnic sprężonym wodorem.** „Super-charged hydrogen cooling of generators.” Trans. amer. Inst. electr. Engrs., New-York, t. 71, cz. 3, 1952, s. 168; A4, 7 str., 1 fot., 6 rys., 6 wyk., 3 poz. bibl. — Nowa konstrukcja prądnic turbinowych polegających na intensywnym chłodzeniu wirnika sprężonym wodorem. Konstrukcja ta daje zmniejszenie zużycia materiałów czynnych o 40% i zmniejszenie całkowitego ciężaru maszyny o 30%. Prądnicę posiada większą oporność przejściową wstępną oraz większą sprawność niż zwykle maszyny chłodzone wodorem. Perspektywy dalszego rozwoju chłodzenia prąd-
nic turbinowych sprężonym wodorem.
- 343* 621.313.322.2 D1
Strömberg T.: **Prądnice dla elektrowni Harsprangert.** „Generators for the Harsprangert power station.” Asea J., Västerås, mies., t. 26, Nr 3/4, marz.-kw. 53, s. 30; A4, 13 str., 14 fot. — Niektóre dane wyprodukowanych przez firmę Asea prądnic o mocy 105 000 kw, 167 obr./min. każda, przeznaczonych dla elektrowni wodnej Harsprangert. Szczegóły konstrukcyjne prądnic: konstrukcje wirnika, izolacje uzwojeń wysokiego napięcia, chłodze-
nie, łożyska. Technologia montażu prądnic. Próby.
- 344* 621.313.322.2:621.316.722:621.318.4 D1
Kallenbach G. K., Rothe F. S. (i inni): **Działanie regulatora napięcia wielkich prądnic napędzanych turbinami wodnymi z no-
wym typem wzmacniacza magnetycznego.** „Performance of new magnetic amplifier type voltage regulator for large hydroelectric generators.” Trans. amer. Inst. electr. Engrs., New-York, t. 71, cz. 3, 1952, s. 201; A4, 5 str., 3 fot., 3 rys., 4 wyk., 7 poz. bibl. — Opis działania układu regulacyjnego wielkiej prądnicy wodno-turbinowej złożonego z amplitudyn i układu statycznych wzmacnia-
czy magnetycznych nowego typu (tzw. amplistaty). Wzmocnia-
cze te składają się z nasyconych dławików i prostowników me-
talowych. Wyniki prób przeprowadzonych na prądnicę wyposa-
żonej w regulator napięcia nowego typu.
- 345* 621.313.322.2.002.72 D1
Ringqvist N.: **Montaż wielkich prądnic.** „Assembly of big ge-
nerators.” Asea J., Västerås, mies., t. 26, Nr 3/4, marz. kw. 53, s. 43; A4, 9 str., 8 fot., 1 poz. bibl. — Trudności przy montażu wielkich prądnic do turbin wodnych, przeznaczonych dla elektrowni w Harsprangert. Montaż wirnika, dokonywany na miejscu przeznaczenia. Transport i montaż stojana, złożonego z 6 seg-
mentów. Łożyska prądnicy, hamulce i chłodnice. Umieszczanie wirnika wewnątrz stojana. Końcowe czynności przy montażu. Próba biegu prądnicy.
- 346* 621.313.333:621.3.013.62 D1
Angst G.: **Samowzbudzenie silników kondensatorowych.** „Self-excitation of capacitor motors.” Trans. amer. Inst. electr. Engrs., New-York, t. 71, cz. 3, 1952, s. 557; A4, 6 str., 2 rys., 4 wyk., 1 tabl., 8 poz. bibl. — Ustalenie granic samowzbudzenia jedno-
fazowych silników indukcyjnych z kondensatorem wirującym po odłączeniu od sieci ze stałą prędkością. Czynniki wpływające na samowzbudzenie i sposoby jego uniknięcia w praktyce. Po-
równanie wyników otrzymanych teoretycznie z wynikami pomia-
rów.
- 347* 621.313.333.025.1:621.3.012.8 D1
Suhr F. W.: **Przyczynki do dokładnego wyznaczania parametrów
jednofazowego silnika indukcyjnego.** „Toward an accurate eval-
uation of single-phase induction-motor constants.” Trans. amer. Inst. electr. Engrs., New-York, t. 71, cz. 3, 1952, s. 221; A4, 6 str., 5 rys., 2 poz. bibl. — Określenie oporności czynnych i indukcyj-
nych schematu zastępczego silnika jednofazowego na podstawie wyników pomiarów. Przy wyznaczeniu stałych silnika uwzględ-
niono czynniki dodatkowe jak: nasycanie magnetyczne, wypiera-
nie prądu itp.

Transformatory

- 348* 621.314.21.027.3—712 D1
Camilli G., Gordon G. S., Plump R. E.: *Izolacja gazowa w transformatorach wysokiego napięcia*. „Gaseous insulation for high-voltage transformers.” Trans. amer. Inst. electr. Engrs., New-York, t. 71, cz. 3, 1952, s. 348; A4, 10 str., 12 wykr., 7 tabl., 10 poz. bibl. — Właściwości fizyczne i chemiczne sześciopłorku siarki, gazu, który może być stosowany jako materiał izolacyjny w transformatorach. Wyniki badań wytrzymałości dielektrycznej wykazują, że przy ciśnieniu 3 atmosfer sześciopłorek siarki jest materiałem izolacyjnym o właściwościach podobnych do oleju transformatorowego. Korzystne właściwości cieplne i możliwości stosowania sześciopłorku siarki.

Sieci elektryczne

- 349* 669:621.357:621.316.17:621.3.013.79 D1
Erich M.: *Wpływ instalacji elektrycznych w zakładach elektrochemicznych i elektrometalurgicznych na sieci zasilające*. „Rückwirkungen elektrochemischer und metallurgischer Betriebe auf die Versorgungsnetze.” Elektrizitätsverw., Zürich, mies., Nr 3/5, czerw.-sierp. 53, s. 120; A4, 14,5 str., 27 rys., 1 tabl. — Zasadnicze przyczyny oddziaływania instalacji elektrycznych na sieci zasilające i ich skutki: generacja częstotliwości harmonicznych, wzrost obciążenia bezwątowego sieci, asymetria obciążania faz, w szczególności przy pracy pieców elektrycznych, udary na sieci itp. Zaburzenia w pracy sieci zasilających, spowodowane wyż. wym. przyczynami i środki zapobiegawcze. Rola kondensatorów mocy w instalacjach przemysłowych. Przykłady pracy sieci zasilających z różnymi obciążeniami. Oscylogramy napięcia dla typowych sieci zasilających z omówieniem nieprawidłowości ich pracy spowodowanych wpływem odbiorników. Wykresy zmiany obciążenia sieci w czasie rozgrzewu pieca oraz w różnych fazach jego pracy. Wnioski. Dyskusja zagadnień omawianych w referacie.

Analizatory

- 350* 621.316.313:621.313.13.012 D1
Veinott C. G.: *Moneca. Nowy analizator sieciowy do obliczania charakterystyk silników*. „Moneca — a new network calculator for motor performance calculations.” Trans. amer. Inst. electr. Engrs., New-York, t. 71, cz. 3, 1952, s. 231; A4, 8,5 str., 1 fot., 6 rys., 2 wykr., 1 tabl., 1 poz. bibl. — Opis nowego analizatora sieciowego opartego o schemat zastępczy przy polu wirującym do obliczania silników indukcyjnych trój- i jednofazowych. Uzasadnienie schematu zastępczego, na którym oparty jest analizator. Opis działania analizatora i przykład wykonanego na nim obliczenia silnika jednofazowego. W dyskusji podkreślono wyższość przeprowadzania obliczeń na analizatorze nad obliczeniem na stwaku.

Regulacja

- 351* 621.316.7:621.311.21 D1
Hedström S. E., Johansson K. E. (i inni): *Regulatory i problemy regulacyjne w elektrowni Harsprånget*. „Regulators and regulator problems in the Harsprånget power plant.” Asea J., Västerås, mies., t. 26, Nr 3/4, marz.-kw. 53, s. 52; A4, 12,5 str., 9 fot., 1 rys., 4 wykr., 2 tabl., 2 poz. bibl. — Znaczenie regulacji napięcia prądnic i regulacji obrotów turbiny wodnej. Regulacja napięcia prądnic elektrowni w Harsprånget. Opis wyposażenia maszynowo-aparatowego do regulacji. Badania układu regulacyjnego prądnic w różnych warunkach pracy. Urządzenia regulacyjne turbiny wodnej. Wyniki eksploatacyjne.

- 352* 621.316.71 D1
Borriello U.: *Uproszczony sposób regulacji układu Leonarda*. „Tipo di regolazione semplificato per comando Leonard.” Elettrotecnica, Milano, mies., t. 40, Nr 5, maj 53, s. 242; A4, 6 str., 6 fot., 4 rys., 4 wykr. — Opis i schemat układu Leonarda z regulacją w układzie mostkowym zwykłym i ze wzmacniaczem maszynowym. Wykresy napięć układu regulacyjnego. Podstawowe równania obwodów układu. Zastosowanie praktyczne układów w napędzie dźwigów osobowych. Charakterystyki robocze opisanych układów.

- 353* 621.316.722.1:621.318.42 D1
Lehmann K. O.: *Sterowanie transformatorów przy pomocy dławików z żelazem*. „Die Steuerung von Transformatoren durch eisengeschlossene Drosseln.” ETZ, Wuppertal, dwutyg., r. 73, Nr 12, czerw. 52, s. 409; A4, 2 str., 2 rys., 1 wykr., 1 tabl. — Zagadnienie stabilizacji napięcia wtórnego transformatorów przy

wahaniach napięcia pierwotnego. Włączenie dwudzielnego dławika w obwód wtórny transformatora o regulowanym napięciu. Ulepszony wykres wektorowy układu. Układ transformatora z dławikami na wspólnym rdzeniu. Wyniki stabilizacji napięcia wtórnego transformatora (5,999 — 6,01 V przy zmianie od 180 do 200 V). Wpływ zmian częstotliwości na dokładność stabilizacji.

Oporniki

- 354* 621.316.87 D1
Engle J. F.: *Opornik wodny z wodą naturalną*. „A water rheostat using untreated water.” Trans. amer. Inst. electr. Engrs., New-York, t. 71, cz. 3, 1952, s. 18; A4, 4 str., 4 fot., 2 rys., 3 wykr., 6 poz. bibl. Opis budowy opornika wodnego o nieruchomych elektrodach używanego jako rozrusznik i regulator oraz do obciążania maszyn. Opornik wykonany jest z nierdzewnej stali chromoniklowej i napełniony jest wodą wodociagową. Opis wyposażenia opornika i aparatury sterującej.

Urządzenia zabezpieczające

- 355* 621.316.92:621.316.17 D1
Brightman F. P.: *Wybór rodzaju ochrony nadprądowej instalacji przemysłowych prądu zmiennego*. „Selecting A-C overcurrent protective device settings for industrial plants.” Trans. amer. Inst. electr. Engrs., New-York, t. 71, cz. 2, 1952, s. 203; A4, 8 str., 1 fot., 6 wykr. — Ogólne zasady wyboru urządzeń zabezpieczających w instalacjach przemysłowych. Charakterystyki zabezpieczeń indywidualnych: bezpieczników, wyłączaczy lub przekładników nadprądowych elektromagnetycznych, cieplnych oraz indukcyjnych. Wymagania, stawiane urządzeniom zabezpieczającym. Ochrona transformatorów i silników pojedynczych oraz odgałęzień o mierzonych odbiorach. Koordynacja przekładników pracujących w układzie szeregowym.

- 356* 621.315.051.2:621.316.925 D1
Ilivici J.: *Zabezpieczanie odległościowe oraz uogólnione zabezpieczenie różnicowe. Urządzenia dla lokalizacji uszkodzeń*. „Les protections de distance et les protections différentielles généralisées. Dispositifs de localisation des défauts correspondants.” Bull. Soc. franc. Electr., Paris, mies. Nr 20, sierp. 52, s. 447; A4, 10 str., 8 rys. — Metoda wykrywania uszkodzeń linii elektrycznej oraz ewentualnie ich lokalizacji, oparta na zasadzie tworzenia obrazu elektrycznego napięć i prądów dla dowolnego punktu odniesienia, przy pomocy przekładników, umieszczonych na jednym lub obu końcach linii. Wyprowadzenie zależności określających obraz elektryczny dla dowolnego punktu. Typy schematów połączeń przekładników odzwierciedlających analitycznie wyprowadzone zależności. Zalety opisywanej metody w porównaniu z metodami opartymi na zasadzie zmian oporności pozornej linii.

Miernictwo elektryczne

- 357* 621.317:621.3.035.12 D1
Hartill E. R.: *Wanna elektrolityczna i jej zastosowanie do konstrukcji technicznych*. „The electrolytic tank and application to engineering design.” Metropolitan Vick. Gaz., Manchester, mies., t. 24, Nr 394, kw. 52, s. 147; A4, 7,5 str., 4 fot., 1 rys., 11 wykr., 7 poz. bibl. — Matematyczne metody obliczania wielkości prądu strumienia magnetycznego lub strumienia cieplnego. Podstawowe zasady wanny elektrolitycznej do wyznaczania rozprzysku prądów lub rozkładu strumienia. Typowe urządzenie zbiornikowe i elektryczny obwód wanny. Zastosowanie do rozwiązywania zagadnień elektrostatycznych. Przykłady rozkładu pól elektrostatycznych, zbadanych przy pomocy wanny elektrolitycznej. Zastosowanie do problemów magnetycznych (przykład rozkładu pola magnetycznego między zębami statora a rotorem maszyny elektrycznej). Pole magnetyczne w żłobku silnika indukcyjnego.

- 358* 621.317.2:621.313.32:621.3.064.1 D1
Kilbourne C. E.: *Nowa wielka probiercza prądnic zwarciova*. „New large short-circuit testing generators.” Trans. amer. Inst. electr., Engrs., New-York, t. 71, cz. 3, 1952, s. 829; A4, 8 str., 13 fot., 1 rys., 1 wykr., 11 poz. bibl. — Opis konstrukcji wielkiej prądnicy synchronicznej do prób zwarciowych o mocy chwilowej 1 625 000 kVA. Charakterystyczne cechy budowy uzwojeń stojana i wirnika. Zagadnienie uložyskowania maszyny oraz sprzężenia z silnikiem napędowym.

Sprzęgła elektromagnetyczne

- 359* 621.318:621—578.3 D1
Silva G.: *Sprzęgła magnetyczne z polem wirującym*. „Magnetic revolving field coupling.” Trans. amer. Inst. electr. Engrs., New-

York, t. 71, cz. 3, 1952, s. 298; A4, 11 str., 2 fot., 8 rys., 2 tabl., 5 poz. bibl. — Różne sposoby wytwarzania magnetycznego pola wirującego. Zestawienie możliwych układów sprzęgieł magnetycznych zależnie od sposobu wytwarzania pola wirującego. Przetwarzanie energii elektrycznej i mechanicznej w sprzęgłach. Zasada działania sprzęgieł synchronicznych i asynchronicznych.

360* 621.318:621—578.3:621.3.016.1 D1

Suhr F.: **Moment obrotowy sprzęgła magnetycznego typu reluktancyjnego.** „Torque of reluctance-type magnetic couplings.” Trans. amer. Inst. electr. Engrs., New-York, t. 71, cz. 3, 1952, s. 581; A4, 3,5 str., 8 rys. — Z zależności energetycznych wprowadzono wzór na moment obrotowy sprzęgła magnetycznego typu reluktancyjnego. Rozpatrzono przypadek wzbudzenia pola za pomocą cewki jak również za pomocą magnesów trwałych. Wzory na obliczanie przewodności magnetycznych sprzęgła.

361* 621.318:621—578.3.001 D1

Trickey P. H.: **Obliczanie pracy sprzęgieł elektrycznych.** „Performance calculations on electric couplings.” Trans. amer. Inst. electr. Engrs., New-York, t. 71, cz. 3, 1952, s. 309; A4, 4,5 str., 2 rys., 5 wykr., 1 tabl., 12 poz. bibl. — Wyprowadzenie podstawowych wzorów do obliczania pracy sprzęgieł indukcyjnych. Schemat obliczenia i przykład. Charakterystyki momentu sprzęgieł z pojedynczą i podwójną kłatką.

Rozrząd zdalny

362* 621.318:621.398:621—578.3 D1

Sprzęgła elektromagnetyczne. „Elektromagnetische muften”. Stan-ki i Instrum., Moskwa, mies., Nr 4, kw. 53, s. 7; A4, 4,5 str., 1 fot., 5 rys., 3 wykr., 1 tabl. — Sprzęgła elektromagnetyczne ze względu na możliwości użycia do celów automatyzacji i sterowania zdalnego z zastosowaniem do napędów obrabiarek. Kłasyfikacja sprzęgieł elektromagnetycznych. Udoskonalone wielotarczowe sprzęgła elektromagnetyczne, zasady działania i konstrukcja. Układy elektryczne ze sprzęgłem. Obliczenie sprzęgła. Czas włączenia i wyłączenia. Rezultaty doświadczeń z pracy wielotorowych sprzęgieł elektromagnetycznych.

Obróbka elektroiskrowa

363* 621.319.51:621.79.001

Williams E. M.: **Teoria obróbki elektroiskrowej.** „Theory of electric spark machining.” Trans. amer. Inst. electr. Engrs., New-York, t. 71, cz. 2, 1952, s. 105; A4, 4 str., 2 fot., 1 rys., 4 wykr., 13 poz. bibl. — Znaczenie elektroiskrowej obróbki metali. Wyjaśnienie istoty zjawisk, zachodzących przy obróbce elektroiskrowej. Wpływ materiału elektrod na przebieg zjawisk. Inne czynniki, decydujące o ilościowym przebiegu procesu.

Trakcja elektryczna

364* 621.331:625.1/2 D1

Grant I. C.: **Systemy elektryfikacji kolei, ich teraźniejszość i przyszłość.** „Electric traction systems, present and future.” Rlv. Gaz., London, tyg., t. 99, Nr 2, lip. 53, s. 41; t. 99, Nr 6, 7 sierp. 53, s. 154; A4, 6,5 str., 9 fot., 3 tabl. — Analiza elektryfikacji kolei pod kątem widzenia jej typu w powiązaniu z liczbą torów, charakteryzującą gęstość ruchu i rodzaj pracy linii. Wnioski natury ogólnej, dotyczące doboru systemu elektryfikacji w zależności od przewidywanego natężenia ruchu.

Napęd elektryczny

365* 621.34:621.565.92 D1

Packer L. C.: **Zastosowanie silników do napędu domowych sprężarek chłodniczych.** „Application of motors to household refrigeration compressors.” Trans. amer. Inst. electr. Engrs., New-York, t. 71, cz. 2, 1952, s. 70; A4, 7 str., 3 wykr., 14 poz. bibl. — Warunki pracy silnika napędzającego sprężarkę w lodówce domowej. Podstawowe typy zastosowanych silników. Zapotrzebowanie energii przez silnik. Warunki rozruchowe silnika. Rodzaje przekładników do wyłączania samoczynnego pomocniczej fazy rozruchowej. Ochrona silnika przed nadmiernym przegraniem temperatury. Możliwości powstania szkodliwych reakcji chemicznych. Konstrukcja mechaniczna silnika i sprężarki. Najczęściej spotykane uszkodzenia silnika podczas pracy.

Niniejszy Przegląd Bibliograficzny zawiera jedynie część analizy dokumentacji ukazującej się w postaci kart dokumentacyjnych, niniejszej (Warszawa, Al. Niepodległości 188). CINDT przyjmuje całą dokumentację naukowo-techniczną, jak i działy lub poszczególne CINDT wykonuje za zwrotem kosztów fotokopie i mikrofilmy dokumentacyjne.

366* 621.34:621.928.3.664.1.055 D1

Kiessling C.: **Wirówki o dużej wydajności dla przemysłu cukrowniczego.** „High efficiency centrifugals for the sugar industry.” Asea J., Västerås, mies., t. 26, Nr 1/2, stycz.-luty 53, s. 3; A4 14 str., 7 fot., 2 rys., 9 wykr., 3 tabl. — Badania warunków pracy napędów wirówek w związku z modernizacją cukrowni w Szwecji. Wpływ różnych czynników, jak obroty i czas odwirowania, prędkość rozruchu i hamowania na jakość cukru otrzymywanego z wirówki. Cykl pracy wirówki. Konstrukcja mechaniczna wirówki nowego typu, wprowadzonej w Szwecji. Porównanie różnych rozwiązań napędu wirówki: silnikiem pierścieniowym w układzie trzech częstotliwości, silnikiem komutatorowym prądu zmiennego i silnikiem prądu stałego w układzie Leonarda. Opis przykładu sterującego i wyposażenia napędu w układzie Leonarda. Wyposażenie napędowe z silnikiem pierścieniowym.

367* 621.34:621.941.27:621.313.2 D1

Wierchołat M. J.: **Napęd posuwu wytaczarek.** „Elektropriwod podaczki rastocznych stanow”. Stan-ki i Instr., Moskwa, mies., Nr 9, wrzes. 52, s. 3; A4, 8 str., 11 rys., 8 wykr., 2 tabl. — Napęd elektryczny o szerokim i bardzo szerokim zakresie zmian prędkości obrotowej silnika prądu stałego. Napęd przeznaczony zarówno do roboczego posuwu jak i do powolnego posuwu przy nastawianiu obrabiarki wymaga zmienności obrotów silnika w zakresie 1 : 2000. Układ silnik-prądnica prądu stałego z dodatkową prądnicą sprzężoną z silnikiem napędowym. Jako regulatora prędkości obrotowej i jednocześnie prądnicy głównej zastosowano wzmacniacz elektromaszynowy (amplidyne) o silnym sprzężeniu zwrotnym oraz dodatkowy wzmacniacz elektronowy. Układ zapewnia regulację prędkości obrotowej silnika od 4000 do 2 okr./min. przy dostatecznej stateczności pracy przy powolnych obrotach. Charakterystyki mechaniczne napędu. Stany nieustalone układu.

368* 621.34:621.979 D1

Ogorodnow S. I.: **Doświadczenia z eksploatacji napędu elektrycznego wielkich pras.** „Iz opyta ekspluatacji elektropriwoda krupnykh priessow”. Elektrizestwo, Moskwa, mies., Nr 11, list. 52, s. 65; A4, 3 str., 3 wykr. — Konieczność uwzględnienia rozruchowych warunków pracy przy wyborze silnika. Wymagania stawiane silnikom i urządzeniom sterującym dla napędu wielkich pras.

Elektrotermia

369* 621.365.3.004.14 D1

Gengenback O.: **Kilka zastosowań nagrzewania oporowego bezpośredniego.** „Einige Anwendungen der direkten Widerstandsbeheizung”. Elektrowärme-Techn., Hannover, dwumies., Nr 2/3, maj 53, s. 59; Nr 4, lip. 53, s. 83; A4, 5,5 str., 13 fot., 5 rys. — Zakres zastosowań bezpośredniego nagrzewania oporowego. Budowa kilku urządzeń do bezpośredniego nagrzewania oporowego. Wymagania stawiane elektrodom. Zjawiska występujące w materiale nagrzewanym oraz w elektrodach przy przepływie dużych prądów. Regulacja temperatury. Kilka typowych zastosowań. Zalety i wady metody w porównaniu z nagrzewaniem oporowym pośrednim i indukcyjnym.

370* 621.365.2.001.24 D1

Karajew R. I.: **Metoda obliczeń symetrycznych warunków pracy pieców łukowych.** „Metodika rasczotow simietrichnykh reżimow raboty dugowych piecew”. Elektrizestwo, Moskwa, mies., Nr 10, paźdz. 52, s. 38; A4, 7 str., 5 rys., 1 tabl., 4 poz. bibl. — Krytyczna ocena metod obliczenia podawanych w literaturze. Metoda obliczenia obwodu elektrycznego pieca łukowego. Wzory na obliczenie prądu i mocy jedno- i trójfazowych pieców łukowych przy różnych warunkach pracy. Wynik podano w formie krzywych, a wzory na moce zestawiono w tablicy.

371* 621.365.5 D1

Apel O.: **Kanałowy piec indukcyjny niskiej częstotliwości i tygłowy piec średniej częstotliwości.** „Der Niederfrequenz-Rinnenofen und der Mittelfrequenz Tiegelfofen”. Elektrowärme Techn., Hannover, Nr 1, kw. 53, s. 7; A4, 4 str., 3 fot., 5 rys. — Podział pieców indukcyjnych. Zasada działania i budowa pieców kanałowych niskiej częstotliwości i tygłowych średniej częstotliwości. Wyposażenie elektryczne tych pieców, sposób uruchamiania. Zakres stosowalności obu typów pieców, ich zalety. Wskazniki.

dokumentacyjnych publikacji z zakresu elektrotechniki. Pełna dokumentacja wydawanych przez Centralny Instytut Dokumentacji Naukowo-Technicznej (Warszawa, Al. Niepodległości 188). CINDT przyjmuje całą dokumentację naukowo-techniczną, jak i działy lub poszczególne CINDT wykonuje za zwrotem kosztów fotokopie i mikrofilmy dokumentacyjne.

Przegląd Dokumentacyjny jak i kartami do-

Warunki prenumeraty PRZEGŁADU ELEKTROTECHNICZNEGO na 1954 r.

I. Prenumerata normalna

Prenumerata normalna wynosi: roczna 108 zł, półroczna 54 zł, kwartalna 27 zł.

Zgłoszenia na prenumeratę normalną przyjmuje wyłącznie urzędy pocztowe oraz listonosze miescy 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

PRZEPISY BEZPIECZENSTWA PRACY W EKSPLOATACJI LINII NAPIĘTRZNYCH O NAPIĘCIU PONAD 35 kV. Wyd. III poprawione. Biblioteka Ochrony Pracy. 1954, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format A5, str. 92, rys. 27, cena 6 zł. — Spis rzeczy: Wiadomości ogólne. Określenia. Granice linii napowietrznej. Wykaz norm, przepisów i instrukcji związanych z niniejszymi przepisami. Cel i przeznaczenie przepisów. Kwalifikacje pracowników i ich odpowiedzialność za przekroczenia przepisów. — Szczegółowe przepisy bezpieczeństwa pracy podczas robót zasadniczych. Czynności organizacyjne zapewniające bezpieczeństwo pracy. Czynności techniczne zapewniające bezpieczeństwo pracy. — Przepisy bezpieczeństwa pracy podczas robót ubocznych. Usuwanie drzew i krzewów. Kopanie dół na słupy. Stawianie i obalanie słupów. Konserwacja podstaw słupów stalowych. Malowanie słupów stalowych. Pomiar oporności uziemień słupowych. Pomiar gabarytów linii napowietrznych. — Załączniki. Wytyczne dla lekarzy badających pracowników obsługujących urządzenia elektroenergetyczne. Szkolenie pracowników i sprawdzanie znajomości przepisów bezpieczeństwa pracy. Kwalifikowanie pracowników. Protokół egzaminacyjny ze znajomości przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy. Zaświadczenie o złożeniu egzaminu uprawniającego do pracy (wzór). Zaświadczenie o dopuszczeniu do robót na liniach napowietrznych wysokiego napięcia (wzór). Instrukcja o wykonaniu robót w urządzeniach wysokiego napięcia przez pracowników z innych przedsiębiorstw lub zakładów. Zlecenie na pracę wzór I. Zlecenie na pracę wzór II. Instrukcja o stosowaniu kart przełączeń. Instrukcja o wykonywaniu robót ze słupami impregnowanymi. Pierwsza pomoc w nagłych wypadkach. Wytyczne do szkolenia pracowników obsługujących urządzenia elektroenergetyczne. — Informacje wydawcy: W przepisach niniejszych podano zalecenia z dziedziny bezpieczeństwa pracy obowiązujące podczas budowy, naprawy i konserwacji linii napowietrznych o napięciu ponad 35 kV. Przepisy te ustalają również odpowiedzialność za bezpieczeństwo i za wypadki w tej dziedzinie pracy. Broszura przeznaczona jest dla pracowników wszystkich stopni służbowych, zatrudnionych na liniach napowietrznych wysokiego napięcia i dla kierownictwa zakładów i rejonów sieciowych.

SPRZĘT OCHRONNY W ELEKTROENERGETYCE. PRZEPISY BEZPIECZENSTWA PRACY. Wyd. II popraw. i uzupełn. Biblioteka Ochrony Pracy. 1954, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format A5, str. 58, cena zł 4,70. — Spis rzeczy: Wstęp. — Przeznaczenie i zakres stosowania przepisów. — Określenia ogólne. Rodzaj i podział sprzętu ochronnego oraz jego przeznaczenie. Badanie sprzętu ochronnego. Przechowywanie sprzętu ochronnego. Kontrola stanu użytkowego sprzętu ochronnego. Posługiwanie się sprzętem ochronnym. Sprzęt, który powinien znajdować się przy urządzeniach elektrycznych. — Izolujący sprzęt ochronny, opis, sposoby posługiwania się i badania. Drażki izolujące operacyjne, pomiarowe i do nakładania uziemień. Cęgi izolujące do bezpieczników. Rękawice dielektryczne. Półbuty i kałosze dielektryczne. Chodniki i dywaniki izolujące. Pomosty izolujące. Helmy ochronne izolujące. Izolujące narzędzia monterskie. — Przenośne wskaźniki napięcia i prądu. Wskaźniki napięcia działające dzięki prądowi pojemnościowemu (neonówki). Uzgadniacze faz. Wskaźniki do napięć nie przekraczających 500 V. Przenośne wskaźniki prądu (cęgi Dietza). — Przenośne uziemienia, ogrodzenia i tablice ostrzegawcze. Przenośne uziemienia ochronne. Tymczasowe przenośne ogrodzenia, osłony i nakładki izolujące. Tablice ostrzegawcze. Sprzęt ochronny zabezpieczający przed działaniem łuku elektrycznego, produktów spalania oraz uszkodzeniami mechanicznymi. Okulary ochronne. Rękawice brezentowe. Maski przeciwgazowe. Pasy bezpieczeństwa. Słupolazy. Drabiny. — Tablica ogólna prób napięciowych sprzętu ochronnego. — Wzory protokółów. — Informacje wydawcy: W broszurze podane są przepisy dotyczące wymagań technicznych, badania, przechowywania i posługiwania się sprzętem ochronnym zabezpieczającym obsługujących urządzenia elektroenergetyczne przed rażeniem prądem elektrycznym, oparzeniem oraz upadkiem z wysokości itp. Broszura przeznaczona jest dla personelu kierowniczego i wykonującego prace przy urządzeniach elektroenergetycznych oraz dla służby bezpieczeństwa i higieny pracy.

PRZEGŁAD TECHNICZNY, organ główny NOT, nr 6/54, zawiera następujące artykuły: Firgane A. Zadania inżynierów i techników w świetle uchwał III Kongresu Związków Zawodowych. — Gajewski D. O roli aktywów inżyniersko-technicznych w opracowaniu i realizacji zakładowych umów zbiorowych. — Taniowski L. Pełnić realizować uchwały w sprawie poprawy warunków ochrony pracy. — Hain G. Braterska współpraca między klasą robotniczą a inteligencją w NRD. — Nazarewski J. O przyspieszeniu realizacji projektów

racjonalizatorskich. — Switkowski J. Obecny stan prac nad poprawnym polskim słownictwem technicznym. — Bukowski J. Muzeum Techniki. — Baran I. O wpływie barw na bezpieczeństwo i wydajność pracy. — Nowoczesna technologia i oszczędność energii. — Ludwig H. Treln — nowe włókno poliamidowe. — Hansen F. Metoda Soboljewa i systematyka konstrukcji. — Nowiny techniczne z prasy zagranicznej. — Wolna trybuna. — Sprawy organizacyjne NOT i stowarzyszeń. — Krytyka i bibliografia.

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWA TECHNICZNE

Nowości wydawnicze

- BŁAŻEWSKI S.: **Wytrzymałość materiałów.** Wyd. 2. Warszawa PWT. S. 304, zł 20.— (w oprawie)
- GILEWICZ A.: **Roboty budowlane.** Wyd. 2 poprawione i uzupełnione. Biblioteka Ochrony Pracy. Warszawa PWT. S. 130, zł 8.50
- JEWTIUCHOW K. S.: **Technika bezpieczeństwa transportu wewnątrzzakładowego.** Tłum. z ros. W. Czarnocka i J. Dobrzański. Warszawa PWT. S. 181, zł 13.—
- JÓZEFIK A., KACZMAREK J.: **Wysokowydajne frezowanie metali.** Warszawa PWT. S. 44, zł 2.—
- JÓZEFIK A., KACZMAREK J.: **Wysokowydajne toczenie metali.** Warszawa PWT. S. 98, zł 4.—
- KAHL T.: **Obliczenia mechaniczne elektroenergetycznych linii napowietrznych.** Warszawa PWT. S. 267, zł 12.—. Zatwierdzone do użytku szkolnego przez CUSZ
- KUŁAKOWA G. N.: **Nalutowywanie płytek z węglików spiekanych na narzędzia skrawające.** Tłum. z ros. R. Kolman. Warszawa PWT. S. 54, zł 3.—
- ŁOBACZENKO N., GULAJEW M., ZUDIN B.: **Zdmuchiwanie powierzchni grzewalnych kotłów.** Tłum. z ros. K. Smolaga i H. Weberman. Warszawa PWT. S. 141, zł 10.30
- MOKRZYCKI J.: **Technologia ogólna.** Podręcznik dla młodszych oficerów i starszych podoficerów straży pożarnych. Biblioteka Pożarnicza. Warszawa PWT. S. 167, zł 9.—
- MOSZYŃSKI W.: **Wykład elementów maszyn.** Część III. — **Napędy.** Wyd. 3 uzupełnione i poprawione. Warszawa PWT. S. 212, zł 24.—
- OBRĄPAŁSKI J.: **Elektryczne maszyny wyciągowe.** Wyd. 2 poprawione i rozszerzone. Stalinogród PWT. S. 195, zł 19.—
- PAWLIKOWSKI J.: **Struganie.** Seria „Będę fachowcem”. Warszawa PWT. S. 42, zł 2.40
- PEŁCZEWSKI W.: **Wzmacniacze elektromaszynowe.** Warszawa PWT. S. 56, zł 11.—
- PILARCZYK J.: **Kurs spawania elektrycznego w pytaniach i odpowiedziach.** Wyd. 4. Warszawa PWT. S. 91, zł 2.50
- RYSZKA E.: **Mierzenie temperatur w urządzeniach hutniczych.** Stalinogród PWT. S. 92, zł 6.20
- SZCZUREK M.: **Poradnik radioamatora. Wiadomości ogólne i części radiowe.** Warszawa PWT. S. 463, zł 28.— (w oprawie)
- ŻUKOWSKI S.: **Sprężyny.** Warszawa PWT. S. 208, zł 18.80

Do nabycia w księgarniach technicznych Domu Książki i u kolporterów zakładowych

