

1. 1271 II

PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY

ORGAN
MINISTERSTWA ENERGETYKI, MINISTERSTWA PRZEMYSŁU MASZYNOWEGO,
STOWARZYSZENIA ELEKTRYKÓW POLSKICH

ROK XXX

ZESZYT 10

21.X.1954

Dziesięć lat istnienia Polski Ludowej, to przede wszystkim dziesięciolecie przyjaźni polsko-radzieckiej nierozzerwalnie związanej także z naszym budownictwem, w szczególności z rozwojem naszej energetyki oraz przemysłu elektrotechnicznego, to okres najściślejszej i stale rozwijającej się współpracy ekonomicznej, o której Józef Stalin pisał: „Doświadczenie tej współpracy dowodzi, że żaden kraj kapitalistyczny nie mógłby udzielić krajom demokracji ludowej tak skutecznej i na tak wysokim poziomie technicznym stojącej pomocy, jakiej udziela im Związek Radziecki. Chodzi nie tylko o to, że pomoc ta jest pomocą maksymalnie taną i technicznie pierwszorzędną. Chodzi przede wszystkim o to, że u podstaw tej współpracy leży szczere pragnienie wzajemnego przyjścia sobie z pomocą i osiągnięcia wspólnego podniesienia gospodarki narodowej. W rezultacie mamy wysokie tempo rozwoju przemysłu w tych krajach”.



WYDAWNICTWO NACZELNEJ ORGANIZACJI TECHNICZNEJ

SPIS RZECZY

- Postępy w rozwoju elektroenergetyki radzieckiej w ramach piątego pięcioletniego planu ZSRR (1951-55).
- Przanowski K. Badanie stateczności współpracy równoległej w stanie nieustalonym w układzie sprwadzonym do układu dwumaszynowego.
- Stępień H., Polakow I. Rozwój ciepłownictwa w Polsce.
- Keyha A. Typizacja pól 6-kilowoltowych rozdzielni elektrownianych.
- Steuermark W. Projektowanie organizacji budowy siłowni ciepłych.
- Kończykowski S. Analiza niesymetrii pojemnościowej linii napowietrznych trójfazowych.
- Nasiłowski J., Seruga W. Problemy zwarciozni prądu stałego.
- Sprawozdanie z działalności oddziałów SEP w I półroczu 1954 r.
- Przegląd Dokumentacyjny Elektrotechniki.

СОДЕРЖАНИЕ

- Успехи в развитии советской электроэнергетики по пятому пятилетнему плану СССР (1951—1955).
- Пшановский К. Исследование динамической устойчивости параллельной работы в нестационарном состоянии системы, приведенной к системе двух машин.
- Степень Х., Поляков И. Развитие теплофикации в Польше.
- Кейха А. Типизация полей 6 кв в распределительных устройствах электростанций.
- Штоермарк В. Проектирование организации работ по постройке тепловых электростанций.
- Коньчиковский С. Анализ емкостной асимметрии трехфазных воздушных линий.
- Насиловский Я., Серуга В. Проблемы лабораторий коротких замыканий постоянного тока.
- Отчет о деятельности отделений Общества Польских Электриков в I полугодии 1954 г.
- Библиографический Обзор Электротехники.

CONTENTS

- Progress in the development of Soviet electric power engineering within the scope of the fifth Five Year Plan (1951—1955).
- Przanowski K. Transient stability test in a system represented by a two-machine system.
- Stępień H., Polakow I. Development of central heating in Poland.
- Keyha A. Standardising the types of 6-kV fields in switching stations.
- Steuermark W. Organisation planning in building steam-electric power plants.
- Kończykowski S. Analysis of capacitance asymmetry in three-phase overhead lines.
- Nasiłowski J., Seruga W. Problems of D. C. short-circuit testing stations.
- Report on the activities of the Association of Polish Electrical Engineers for the first half of 1954.
- Electrotechnical Bibliography Review.

Wydawnictwa nadesłane

JURIEW N. M. PLAN TECHNICZNO-PRZEMYSŁOWO-FINANSOWY ZAKŁADU BUDOWY MASZYN. 1954, Warszawa, Polskie Wydawnictwa Gospodarcze. Format A5, str. 333, tabl. 84, cena 26,15 zł. — Spis rzeczy: Zadania, treść oraz tryb opracowania planu techniczno-przemysłowo-finansowego. Normatywy dla technicznego i ekonomicznego uzasadnienia planu techniczno-przemysłowo-finansowego. Plan przedsięwzięć organizacyjno-technicznych. Plan produkcji (program produkcyjny). Plan przygotowania produkcji nowych wyrobów. Plan wykorzystania środków trwałych. Plan zaopatrzenia materiałowo-technicznego. Plan zatrudnienia i płac. Plan kosztów własnych. Plan finansowy. Organizacja wykonania planu techniczno-przemysłowo-finansowego. — Informacje wydawcy; Książka omawia metody opracowania planu techniczno-przemysłowo-finansowego w zakładzie budowy maszyn w oparciu o doświadczenia zakładów o produkcji seryjnej i wielkoseryjnej. Wykład planowania powiązany jest z konkretnym przykładem planu techniczno-przemysłowo-finansowego, wspólnym dla różnych rozdziałów. Książka przeznaczona jest dla wszystkich pracowników przemysłu mających styczność z pracami nad planem techniczno-przemysłowo-finansowym.

ZERWIE G. K. PRZEMYSŁOWE BADANIA MASZYN ELEKTRYCZNYCH. Tłum. z ros. mgr inż. Tad. Koter. 1954, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format B5, str. 302, rys. 173, tabl. 8, cena 26 zł. — Spis rzeczy: Próby ogólne. Badanie maszyn prądu stałego. Badanie maszyn synchronicznych. Badanie maszyn asynchronicznych. — Informacje wydawcy: W książce rozpatrywane są zagadnienia prób przemysłowych maszyn elektrycznych z punktu widzenia przepisów i norm. Opisane są próby ogólne, wspólne dla wszystkich rodzajów maszyn, oraz próby szczegółowe, przystosowane do poszczególnych

typów (maszyn prądu stałego, maszyn synchronicznych i maszyn asynchronicznych). Książka jest przeznaczona dla inżynierów i techników zatrudnionych w zakładach wytwórczych maszyn elektrycznych i w elektrowniach oraz dla inżynierów zatrudnionych w innych działach przemysłu przy eksploatacji maszyn elektrycznych. Książka ta może być również użyteczna dla studentów politechnik specjalizujących się w dziedzinie konstrukcji i eksploatacji maszyn elektrycznych.

ZEMBRZUSKI JAN, mgr inż. ATLAS UZWOJEŃ TRÓJFAZOWYCH SILNIKÓW ASYNCHRONICZNYCH. Wydanie 2. 1954, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format A4, str. 134, rys. 152, cena 10 zł. — Spis rzeczy: Ogólny opis uzwojeń. Uwagi ogólne. Rodzaje uzwojeń. Podstawowe elementy uzwojeń. Uzwojenia jednowarstwowe. Uzwojenia dwuwarstwowe. Zasady budowy schematów. — Wykaz uzwojeń wg liczby żłobków. — Schematy uzwojeń. Uzwojenia jednowarstwowe (rys. 1—66). Uzwojenia piętrowe (rys. 1—32). Uzwojenia wzornikowe (rys. 33—61). Uzwojenia koszykowe (rys. 62—66). Uzwojenia dwuwarstwowe (rys. 67—139). Uzwojenia dwuwarstwowe cewkowe stojanów (rys. 67—101). Uzwojenia dwuwarstwowe prętowe wirników (rys. 102—139). Uzwojenia specjalne (rys. 140—152). Schematy elektryczne uzwojeń dwubiegowych (rys. 140). Uzwojenia z przełączalną liczbą biegunów (rys. 141—147). Uzwojenia wielonapięciowe (rys. 148—152). — Informacje wydawcy: Praca zawiera najczęściej spotykane schematy uzwojeń trójfazowych silników asynchronicznych małej i średniej mocy; podane są schematy różnych rodzajów stojanów i wirników o różnej liczbie żłobków i różnej liczbie par biegunów. Książka przeznaczona jest dla monterów i techników, spotykających się w praktyce z naprawą uzwojeń silników.

PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY

ORGAN

MINISTERSTWA ENERGETYKI, MINISTERSTWA PRZEMYSŁU MASZYNOWEGO,
STOWARZYSZENIA ELEKTRYKÓW POLSKICH

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

Rok XXX

Warszawa, 21 października 1954 r.

Zeszyt 10

Postępy w rozwoju elektroenergetyki radzieckiej w ramach piątego pięcioletniego planu ZSRR (1951 – 55)

1. Wstęp.

Gospodarka radziecka rozwija się w ostatnich dwu latach pod znakiem wielkiego wydarzenia w dziedzinie polityki wewnętrznej Związku Radzieckiego, które ma najbardziej zasadnicze znaczenie dla dalszej realizacji pokojowego budownictwa gospodarczego i kulturalnego, a mianowicie pod znakiem uchwał XIX Zjazdu Komunistycznej Partii Związku Radzieckiego w październiku roku 1952. Rezolucja uchwalona przez XIX Zjazd w związku z referatem przewodniczącego Państwowej Komisji Planowania M. Saburowa zawiera dyrektywy partii w sprawie piątego pięcioletniego planu rozwoju ZSRR na lata 1951—55. Rozwinięcie też zjazdu w odniesieniu do planu gospodarczego na rok 1953 zostało przeprowadzone na V sesji Rady Najwyższej ZSRR w sierpniu 1953 r., zwłaszcza w końcowym przemówieniu Przewodniczącego Rady Ministrów ZSRR G. M. Malenkowa, poświęconym „nie cierpiącym zwłoki zadaniom w dziedzinie przemysłu i rolnictwa oraz środkom dalszego podniesienia dobrobytu narodu”.

Plenum Centralnego Komitetu KPZR w październiku 1953 r. z referatem sprawozdawczym sekretarza generalnego partii N. S. Chruszczowa i uchwałą, poświęconą specjalnie środkom zmierzającym do dalszego rozwoju rolnictwa w ZSRR, rozpatrywało drogi realizacji uchwał XIX Zjazdu.

We wszystkich referatach, sprawozdaniach, głosach w dyskusji oraz uchwałach powyższych na wymienionych zjazdach — w części poświęconej życiu gospodarczemu — znajdujemy zdecydowane wypowiedzi z jednej strony podkreślające m. inn. obowiązek oszczędności w przedsiębiorstwach i urzędach państwowych i potrzebę dużego nacisku na osiągnięcie rentowności przedsiębiorstw, na rozwój ilościowy i jakościowy produkcji przemysłowej po coraz niższych kosztach własnych, z drugiej zaś strony wskazujące na konieczność rozwoju rolnictwa drogą mechanizacji i elektryfikacji w celu wzmocnienia produkcji rolniczej, która w latach 1940—1952 wzrosła, licząc w cenach niezmiennych, zaledwie o 10% przy wzroście produkcji przemysłowej w tym samym okresie o 230%.

G. M. Malenkow w referacie sprawozdawczym Komitetu Centralnego WKP(b) na XIX Zjeździe Komunistycznej Partii Związku Radzieckiego specjalnie wskazał na obowiązek oszczędności i obniżki kosztów własnych produkcji jako jedną z najbardziej podstawowych zasad we wszystkich gałęziach gospodarki narodowej. W dyrektywach XIX Zjazdu w sprawie piątego pięcioletniego planu rozwoju ZSRR znajdujemy m. in. następującą uchwałę:

„pracownicy świata gospodarczego powinni szukać, znajdować oraz wyzyskiwać rezerwy ukryte wewnątrz produkcji, wyzyskiwać w najwyższym stopniu istniejące moce produkcyjne, polepszać systematycznie metody produkcji, obniżać koszty własne produkcji, wprowadzać rozrachunek gospodarczy”.

Również i w elektroenergetyce radzieckiej zagadnienia obniżki kosztów własnych energii elektrycznej i ciepłej oraz zagadnienia dalszego rozwoju elektryfikacji rolnictwa wysuwają się na pierwsze miejsca obok całego szeregu takich kapitalnych zagadnień, jak np. dalszy wzrost mocy zainstalowanej w zakładach energetycznych, ich praca bezzakłóceńowa i podniesienie pewności dostawy energii, następnie rozwijanie postępu technicznego w jak najszerszym zakresie oraz jak najgłębsze upowszechnienie korzystania z dobrodziejstw energii elektrycznej i ciepłownictwa przez najszersze masy ludności.

2. Wykonanie państwowych planów gospodarczych Związku Radzieckiego w dziedzinie elektroenergetyki i innych przemysłów w roku 1953 i w pierwszej połowie roku 1954.

Ministerstwo Elektrowni i Przemysłu Elektrotechnicznego ZSRR wykonało globalnie roczny plan produkcji w 102,5%, osiągając ogólnie produkcję wyższą niż w roku poprzednim, o 19,7%. Między innymi przekroczony został plan w dziedzinie produkcji energii elektrycznej, której w roku 1953 wyprodukowano ponad 133 mld. kWh, co oznacza wzrost w porównaniu z rokiem poprzednim powyżej 13%.

Wysoko charakterystyczny jest coraz wyższy udział elektrowni wodnych znacznie przekraczający odpowiednie wskaźniki dla całkowitej produkcji energii elektrycznej, gdy bowiem w okresie 14 lat od 1940 do 1953 r. produkcja ta wzrosła łącznie dla wszystkich zakładów energetycznych 2,8 raza, to dla samych tylko elektrowni wodnych wzrosła 3,9 raza. Przy 13-procentowym wzroście produkcji w r. 1953 w porównaniu z rokiem 1952 dla wszelkich rodzajów elektrowni odpowiednie wskaźniki wzrostu dla elektrowni wodnych wynosi 30,8%.

Nie mniej charakterystyczny jest wielki rozwój ciepłownictwa w miastach i zakładach przemysłowych Związku Radzieckiego. Roczny plan produkcji energii cieplnej został wykonany w roku 1953 w 107,5%. Produkcja ta wzrosła w porównaniu z rokiem 1950 o 56%, a w porównaniu z przedwojennym rokiem 1940 przeszło trzykrotnie.

Wielki rozwój produkcji energii jest związany z powszechną walką we wszystkich zakładach energetycznych radzieckich o oszczędność paliwa. W roku ubiegłym rozbód umownego węgla na jednostkę energii elektrycznej zmniejszył się w elektrowniach i elektrociepłowniach podległych Ministerstwu Elektrowni i Przemysłu Elektrotechnicznego o 1,9%, a w porównaniu z rokiem 1940 o 14,6%.

Stopień wyzyskania podstawowych urządzeń energetycznych jest w Związku Radzieckim z roku na rok coraz większy. Przy 13-procentowym wzroście całkowitej produkcji energii elektrycznej szczytowe obciążenie układów energetycznych wzrosło w roku 1953 w porównaniu z rokiem ubiegłym tylko o 12,1%.

To do wielkiego rozwoju elektrowni i sieci elektrycznych radzieckich stanowi przede wszystkim postępujący wielkimi krokami rozwój uprzemysłowienia krajów Związku Radzieckiego. Wzrost całkowitej produkcji przemysłowej był w roku 1953 wyższy niż w roku 1952 o 12%, a w porównaniu z rokiem 1950 o 45%, do czego w niemałym stopniu przyczyniło się racjonalizatorskich, wynalazków i udoskonaleń technicznych w przemyśle, budownictwie i transporcie. Jednocześnie stopień zelektryfikowania pracy w przemyśle, licząc na jednego robotnika, wzrósł w roku 1953 o 7% w porównaniu z r. 1952.

Wzrost wydajności pracy — dzięki zastosowaniu szeroko pojętego postępu technicznego i szkolenia zawodowego pracowników — wyniósł w r. 1953 w przemyśle 6%, w budownictwie 4%.

Tak wielkiemu rozwojowi uprzemysłowienia i praktycznego zastosowania osiągnięć przodującej techniki radzieckiej, następnie wielkiemu rozwojowi różnych form budownictwa i komunikacji na użytek najszerszych mas ludności towarzyszył w roku ubiegłym dalszy wzrost nakładów inwestycyjnych, które w roku ubiegłym stanowiły 104% w stosunku do nakładów w r. 1952. Do tego wzrostu przyczyniły się m. in. zwiększone nakłady inwestycyjne na elektrownie i inne podstawowe urządzenia energetyczne zgodnie z dyrektywami XIX Zjazdu

KPZR. Największy wzrost nakładów wykazały przemysły artykułów powszechnego zużycia i budownictwo przedsiębiorstw handlu wewnętrznego (do 48% w II-im półroczu r. 1953), jak również, budownictwo związane z potrzebami kulturalno-bytowymi ludności, na co nakłady wzrosły w roku 1953 o 22%.

Ogólny rozwój inwestycji w dziedzinie różnych przemysłów, budownictwa, komunikacji oraz w dziedzinie zaspokojenia potrzeb bytowych stworzył specjalnie zwiększone zadania produkcyjne dla przemysłu elektrotechnicznego i szeregu przemysłów maszynowych. Mimo pewnych trudności w zakresie wykonania planu produkcyjnego na r. 1953 w dziedzinie niektórych rodzajów maszyn elektrycznych, przemysły będące dostawcami głównych urządzeń dla energetyki i różnych ciężkich przemysłów zwiększyły bardzo znacznie swoją produkcję w roku ubiegłym. Produkcja np. niektórych maszyn wzrosła w roku 1953 — w porównaniu z rokiem 1952 (100%) — w następującym stopniu:

turbiny parowe	140%,	wielkie maszyny elektr.	134%,
wielkie turbiny wodne	135%,	silniki elektryczne	113%,
turbopompki parowe	147%,	elektrowozy kolejowe	134%,
turbopompki wodne	115%,	trolejbusy	121%.

Wymienione wskaźniki rozwoju produkcji przemysłowej, zwłaszcza dotyczące podstawowych dostaw dla elektrowni, są na ogół na poziomie nie spotykanym w krajach o dużym uprzemysłowieniu i eksportujących urządzenia maszynowe.

Rok bieżący przyniósł — zgodnie z ogłoszonymi wynikami z pierwszego półrocza — rozwój przemysłu ciężkiego i produkcji artykułów powszechnego użytku ogólnie w stopniu nie mniejszym niż w roku 1953, a nawet w poszczególnych pozycjach osiągnięcia tegoroczne są znacznie wyższe od podobnych w pierwszym półroczu roku poprzedniego. Np. produkcja energii elektrycznej jest o 11% wyższa, ale nakłady inwestycyjne w zakresie budowy elektrowni wzrosły o 18%¹⁾. W dalszym ciągu kładzie się duży nacisk na rozwój produkcji wielkich turbin wodnych, która wyniosła 204% w porównaniu z I półroczem roku 1953. Wzrost budownictwa inwestycyjnego jest również większy w roku bieżącym niż w poprzednim, inwestycje bowiem państwowe w pierwszym półroczu 1954 r. stanowiły 114% w porównaniu z analogicznym okresem 1953 r., kiedy to one wynosiły 104% w porównaniu z pierwszym półroczem 1952 r. Stosownie do uchwał powziętych w latach 1952-53 przez najwyższe władze państwowe, w większym niż dawniej stopniu uwzględniono inwestycje w przemysłach produkujących artykuły powszechnego użytku, następnie w rolnictwie i w sieci handlu wewnętrznego. W porównaniu z pierwszym półroczem r. 1953 inwestycje w pierwszym półroczu r. 1954 stanowiły:

w przemyśle lekkim i spożywczym	148%,
w rolnictwie	153%,
w handlu	230%.

Bardzo bujny i wszechstronny rozwój elektroenergetyki radzieckiej realizowany jest zatem w warunkach, w których Związek Radziecki w myśl wskazań XIX Zjazdu KPZR — równolegle obok uprzemysłowienia — realizuje zaspokojenie najszerzej pojętych potrzeb ludności związanych ze wzrostem jej dobrobytu, jak również rozwija w dużym stopniu produkcję rolniczą. Jak widać z powyższego, tempo rozwoju energetyki radzieckiej pozostaje niezmiennie wysokie, niejako niezależne od pewnych przesunień, które w gospodarce radzieckiej dokonały się w ostatnich dwóch latach.

3. Poprawa wskaźników techniczno-gospodarczych w siłowniach radzieckich.

Drugi prowadzący do obniżenia kosztu własnego energii elektrycznej i energii cieplnej są różne, wszystkie one jednak biegną równolegle i prowadzą do wspólnego celu. Przede wszystkim należy tu wymienić następujące środki:

a) Zastosowanie w siłowniach ciepłych kotłów i turbin o wyższych parametrach pary. W roku ubiegłym produkcja energii elektrycznej w urządzeniach wysokopiętnych wyniosła 33,77% wobec 27,14% w roku 1952, a energii cieplnej odpowiednio 7,2% wobec 6,9%. Moc zainstalowana w latach 1952-53 w formie urządzeń wysokopiętnych stanowiła 84,2% całkowitej mocy zainstalowanej w tym czasie w siłowniach podległych Ministerstwu Elektrowni i Przemysłu Elektrotechnicznego. Natomiast pełna moc zainstalowana po rok 1953 w urządzeniach wysokopiętnych dosięgała 40% całkowitej mocy zainstalowanej w siłowniach radzieckich. Postęp techniczny

w dziedzinie pracy przy coraz wyższych parametrach posunięty został w Związku Radzieckim tak daleko, że w roku ubiegłym oddano do eksploatacji turbozespoły jednolitego o mocy 150 MW i o parametrach pary 170 at, 550°C, wyprodukowany przez Leningradzkie Zakłady Metalowe im. Stalina.

b) Coraz wyższy z roku na rok udział elektrowni wodnych w produkcji energii elektrycznej. W roku ubiegłym przyrost mocy zainstalowanej w siłowniach ciepłych był o 26,2% wyższy w porównaniu z przyrostem w roku 1952, natomiast przyrost mocy w siłowniach wodnych, głównie wielkich, był wyższy o 115,8%. Ten nacisk na coraz większy udział nowych mocy zainstalowanych w elektrowniach wodnych będzie kontynuowany w latach następnych. M. inn. budowniczość kaskadnej elektrowni wodnej o mocy 250 MW, budowanej na Dnieprze, na terenie południowej Ukrainy, zaciągnęła po XIX Zjeździe Partii zobowiązanie wobec narodu radzieckiego przyspieszenia o cały rok terminu uruchomienia elektrowni, ustalonego pierwotnie na rok 1956.

c) Coraz wyższy poziom eksploatacji, dzięki czemu liczba zakłóceń w pracy siłowni i sieci radzieckich zmalała w roku 1953 o 9,2%. W takich warunkach średni koszt własny wyprodukowanej kilowatogodziny był w roku 1953 niższy o 5% w porównaniu z rokiem poprzednim, a ponadplanowa oszczędność z tytułu obniżenia kosztu własnego wyniosła w siłowniach radzieckich łącznie ponad 300 milionów rubli.

Podstawowym wskaźnikiem techniczno-gospodarczym dla siłowni ciepłych jest zużycie umownego węgla na jednostkę produkowanej energii. Wskaźnik ten jest miarą z jednej strony stopnia doskonałości urządzeń siłowni, z drugiej — poziomu eksploatacji. Trzeba szczególnie podkreślić, że na tym polu wyniki osiągnięte powszechnie przez energetyków radzieckich są wprost imponujące, a uzyskiwane wskaźniki w skali ogólnokrajowej są niższe od planowanych, jakkolwiek poziom wskaźników planowanych jest dość niski, wszelki więc postęp na tym odcinku jest dość trudny i musi być okupiony wielkim wysiłkiem zbiorowym. Średnie zużycie węgla umownego na jednostkę energii elektrycznej wynosiło w latach 1952—54, w skali ogólnokrajowej:

w roku 1952	519 G/kWh,
" 1953	508 "
" 1953 (pierwsze 4 miesiące)	500 "
" 1954 (pierwsze 4 miesiące)	488 "

przy planowanym średnim całorocznym zużyciu w r. 1954 503 G/kWh¹⁾.

Analogicznie zużycie umownego paliwa na wytworzenie energii dla ciepłownictwa zmniejszyło się ze 176,8 kG/Gcal w roku 1952 do 176,1 kG/Gcal w r. 1953.

W powyższych warunkach osiągnięte zostały w Związku Radzieckim ponadplanowe oszczędności w wysokości 433 tys. ton umownego paliwa w roku 1953 i 177 tys. ton w pierwszych czterech miesiącach roku bieżącego.

Poprawa gospodarności pracy siłowni drogą zmniejszenia zużycia paliwa jest powszechna, obejmuje ona wszystkie radzieckie okręgi energetyczne, a różnice w porównaniu z wynikiem średnim dla całego obszaru Związku Radzieckiego (508 G/kWh w roku 1953) są stosunkowo nieznaczne i wynoszą zaledwie kilka procentów. Np. w okręgu centralnym, uzyskującym najlepsze pod tym względem wyniki, zużycie to wynosiło 475 G/kWh. Trzeba jednak zaznaczyć, że okrąg ten jest w największym stopniu wyposażony w nowoczesne urządzenia wysokopiętnie, których udział w produkcji energii elektrycznej wyniósł w roku ubiegłym 46,7%, a w produkcji energii cieplowniczej 11,2%. Okrąg północno-zachodni, obejmujący wiele mniejszych zakładów przestarzałych, lecz częściowo zmodernizowanych, oraz zakłady opalane torfem o dużej wilgotności, osiągnął wynik najniższy ze wszystkich okręgów, mianowicie 539 G/kWh. Ten wynik najniższy w Związku Radzieckim, jednakże nieosiągalny na razie dla naszej energetyki, świadczy dobitnie zarówno o poziomie eksploatacji, jak i o poziomie modernizacji istnieją-

¹⁾ Jak dalece jesteśmy odlegli od tych osiągnięć radzieckich, świadczą następujące liczby z tego samego okresu dla wskaźnika zużycia węgla umownego w elektrowniach krajowych podległych Ministerstwu Energetyki:

rok	1952	1953	1954 (plan)
zużycie (G/kWh)	709	669	639.

¹⁾ W takim stosunku jest planowany całkowity wzrost nakładów na prace budowlano-montażowe w energetyce na cały rok 1954.

Jakkolwiek i na tym polu zrobiliśmy w Polsce ogromny krok naprzód, osiągając w r. 1954 średnie zużycie paliwa na wyprodukowanie jednej kilowatogodziny o 23% mniejsze w porównaniu z r. 1947, to jednak czeka nas w dalszym ciągu ogromna wieloletnia praca nad dalszym zmniejszeniem tego wskaźnika.

cych zakładów radzieckich. A przecież w r. 1953 ponad 66% energii elektrycznej wyprodukowano w siłowniach, które przez energetyków radzieckich nie są uznawane za całkowicie nowoczesne, przede wszystkim ze względu na niewysokie parametry pary.

Pomimo wysokiego poziomu gospodarności w zużyciu paliwa w siłowniach radzieckich postęp w tej dziedzinie — w całych okręgach energetycznych i w poszczególnych siłowniach — wciąż jeszcze rozwija się i to znacznie. Np. w okręgu Dalekiego Wschodu średnie zużycie węgla umownego na przestżeni r. 1952/53 obniżyło się w skali całego okręgu z 536 na 517 G/kWh. Niektóre większe elektrownie i elektrociepłownie obniżyły w tym czasie zużycie paliwa w następującym stopniu:

elektrociepłownia nowa Kujbyszewska z 488 na 337 G/kWh, elektrownia kondensacyjna nr 8 Lenerskiego z 469 na 446 G/kWh,

elektrownia kondensacyjna nr 18 Moseniergo z 464 na 449 G/kWh.

Dobre wyniki w skali ogólnokrajowej dały również prace nad zmniejszeniem rozchodu paliwa w elektrowniach o średnich ciśnieniach pary, np. elektrownia nr 4 w układzie moskiewskim osiągnęła w r. 1953 średnie zużycie umownego węgla 480 G/kWh.

Prace nad dalszą poprawą wymienionego wskaźnika techniczno-ekonomicznego prowadzi się różnymi drogami z nieślabnącą energią. Energetycy radzieccy spodziewają się na przykład, że sama tylko modernizacja podgrzewaczy wody i podgrzewaczy powietrza w licznych kotłach średnio- i wysokopięnych — celem wydawniejszego obniżenia temperatury uchodzących spalin — pozwoli na dalsze zmniejszenie rozchodu paliwa w poszczególnych siłowniach o 10—30 G/kWh.

Duży nacisk kładzie się na osiągnięcie wskaźnika zużycia węgla na poziomie przewidzianym w projekcie siłowni już w pierwszym okresie po uruchomieniu urządzeń elektrowni. W tym celu należy koniecznie dążyć do jednoczesnego uruchamiania, wraz z urządzeniami głównymi, wszelkich pomocniczych urządzeń, jak np. chłodzenie wodorowe wielkich turbopomp lub różne fragmenty schematu cieplnego, wprowadzić mniejszego znaczenia, lecz wpływające w sumie dość wydatnie na ogólną sprawność obiegu cieplnego. Kładzie się również duży nacisk na kompletność i dokładność wszelkich robót wykonywanych przez przedsiębiorstwa montażowe urządzeń energetycznych; wszystkie tego rodzaju braki mogą być źródłem poważniejszych strat w obiegu cieplnym i wydatnie obniżać przewidziane w projekcie wskaźniki techniczno-gospodarcze poważnej inwestycji energetycznej.

W sprawie strat w sieciach elektrycznych należy zaznaczyć, że obniżyły się one z 8,09% w r. 1952 do 7,74% w r. 1953. Uzyskana w związku z tym ponadplanowa oszczędność energii elektrycznej wyniosła 134,2 mln. kWh.

4. Drogi postępu technicznego w elektroenergetyce radzieckiej.

Jedną z dziedzin, którym się w ostatnich paru latach poświęca najwięcej uwagi w radzieckim budownictwie elektroenergetycznym, jest typizacja projektów zakładów i urządzeń elektroenergetycznych, a przede wszystkim elektrowni i elektrociepłowni zarówno zawodowych, jak i przemysłowych. Prace w tym kierunku rozwinęły się szczególnie intensywnie po XIX Zjeździe KPZR, który w końcowej uchwale położył specjalny nacisk na poprawę jakości dokumentacji projektowo-kosztorysowej, na szybsze jej opracowanie i na terminowe zaopatrzenie wszelkich budów w dokumentację, a jako jedną z dróg prowadzących do celu wskazał wzmoczenie wysiłków nad opracowaniami typowymi.

Doświadczenie radzieckich biur projektów energetycznych w całości potwierdziło wyniki, których oczekiwano w związku z zastosowaniem projektów typowych zarówno w zakresie przyspieszenia i potaniania robót budowlano-montażowych, jak i w zakresie stosowania metod przemysłowych przy budowie budynków głównych i pomocniczych oraz przy robotach montażowych. Stosowanie projektów typowych przez elektroenergetykę radziecką pozwoliło przemysłowi elektrotechnicznemu i różnym przemysłom maszynowym, będącym dostawcami energetyki, na pewne usprawnienia i zmniejszenie liczby sortymentów produkowanych maszyn, przyrządów i urządzeń. Co się zaś tyczy eksploatacji urządzeń zbudowanych według projektów typowych, to jest ona ogólnie łatwiejsza i pozwala na osiągnięcie lepszych wskaźników techniczno-gospodarczych.

W okresie od 1951 do 1953 r. opracowano 3 typowe projekty głównych budynków i planów generalnych elektrowni kondensacyjnych o mocy zainstalowanej 200—300 MW, przewidzianych do spalania różnych sortymentów węgla z różnych krajów Związku Radzieckiego, oraz 4 typowe projekty głównych budynków i planów generalnych elektrociepłowni o mocy 50 MW, przewidzianych dla sieci ciepłowniczych miejskich oraz dla przedsiębiorstw przemysłowych, w których poza ciepłownictwem istnieje zapotrzebowanie pary do celów produkcyjnych. Ten komplet 7 projektów siłowni w znacznej mierze zabezpiecza radzieckie budownictwo elektrowni i elektrociepłowni na najbliższe lata. Wspomniane prace typizacyjne nie obejmują jednakże pewnych zagadnień silnie związanych z właściwościami terenu, na którym siłownia jest budowana, a przede wszystkim zagadnień zaopatrzenia jej w wodę, odpowiadania oraz sieci dróg kołowych i bocznic kolejowych.

Stosowanie typowych projektów siłowni pozwoliło na zmniejszenie objętości budynków głównych na budowach radzieckich co najmniej o 15% oraz na zmniejszenie zużycia wszelkich metali do celów budowlanych o 10%. Typizacja pozwala też na stosowanie montażu wielokobłokowego przy wznoszeniu budynku głównego. Typizacja elementów konstrukcji budowlanych pozwala również na ich produkcję przemysłową oraz umożliwia w dużym stopniu mechanizację samej budowy, jak również lepsze wyzyskanie placu budowy.

Uległy zmniejszeniu nakład czasu i koszty projektowania. Według doświadczenia radzieckiego łączny czas na projektowanie siłowni w konkretnym przypadku jest krótszy — przy wyzyskaniu opracowań typowych — więcej niż o 1/3 w porównaniu z projektem opracowywanym indywidualnie. Ważną przy tym okolicznością jest przyspieszenie wydania rysunków roboczych na budowę. Np. komplet rysunków roboczych gospodarki podziemnej w budynku głównym może być w warunkach radzieckich wykonany w ciągu 1—2 miesięcy od zatwierdzenia projektu wstępnego, gdy dawniej termin wykonania takiego kompletu rysunków wynosił około 12 miesięcy.

Posiadanie wymienionych 7 projektów typowych oraz innych powtarzalnych pozwoliło w roku 1953 oprócz 51% wypuszczonych na budowy rysunków na dokumentacji typowej i powtarzalnej. O ogromnym znaczeniu reformy świadczy to, że biura radzieckie „Tieploelektroprojektu” wydały na budowy w tymże roku ponad 270 tysięcy rysunków.

Typizacja siłowni radzieckich objęła w ostatnich latach poza budynkami głównymi i planami generalnymi szereg budynków i urządzeń pomocniczych, przede wszystkim następujące: urządzenia do chemicznego przygotowania wody, rozdzielnie napowietrzne, wieże chłodnicze, warsztaty stałe, magazyny, garaże, parowozownię, kominy i estakadę do wyładunku węgla, gospodarkę olejową, wieżę transformatorową, różne budynki i budowle pomocnicze na czas budowy.

Przy najdalej posuniętej typizacji budynków głównych i planów generalnych muszą jednakże być indywidualnie wykonywane projekty niwelacji, dróg kołowych i bocznic kolejowych, osiedli i zazielenienia terenu, a dalej projekty umocnienia brzegu rzeki, ujęcia wody, sieci rurowodów wodnych i kanalizacyjnych, projekty odpowiadania wraz z siecią rurowodów i składowiskiem żużli, wreszcie projekty wewnętrznych sieci elektrycznych i ciepłowniczych.

Jak daleko posunęło się wyzyskanie projektów typowych w budownictwie radzieckich elektrowni i elektrociepłowni, świadczą niektóre liczby z jednego tylko roku 1952, w którym zastosowano te opracowania m. inn. w następujących przypadkach:

budynek główny siłowni	11 razy,
zespół budynków pomocniczych siłowni	18 "
urządzenia do wyładunku węgla	14 "
urządzenia do kruszenia i mielenia węgla	11 "
gospodarka mazutowa do rozpalania kotłów	8 "
warsztaty remontowe	20 "
główna rozdzielnia wewnętrzna o napięciu 6—10 kV	10 "
rozdzielnie napowietrzne o napięciach 35 i 110 kV	46 "

W tymże roku 1952 wyzyskano dokumentację typową dla poszczególnych węzłów projektu w 1317 przypadkach, a w roku 1953 już w 2988 przypadkach. W roku bieżącym wszystkie projekty budowy siłowni nowych oraz większość projektów rozbudowy siłowni istniejących opierać się będą na zastosowaniu opracowań typowych.

W dziedzinie energetyki przemysłowej opracowano projekty siłowni małej i średniej mocy z turbosopłami o mocy 12 MW i z kotłami o wydajności 75 t/h. Jako jedno z ważniejszych zadań w dziedzinie typizacji siłowni na najbliższą

przyszłość wysuwa się w Związku Radzieckim opracowanie projektów typowych — łącznie z pełnymi kompletami rysunków roboczych — dla siłowni przemysłowych o mocach zainstalowanych 8 i 12 MW, z kotłami przystosowanymi do opalania zarówno pyłem węglowym, jak i paliwem na ruszcie. Brak tego rodzaju dokumentacji typowej wpływał ostatnio w pewnym stopniu hamując na rozwój przemysłów produkujących artykuły powszechnego zużycia.

Charakterystyczne jest, że energetycy radzieccy widzą dosyć poważne możliwości typizacji w dziedzinie budownictwa elektrowni wodnych, podając jako przykłady m. inn. budynek maszynowni i różne wykonania zapór ziemnych o wysokości od 10 do 30 m. Nie widzą natomiast możliwości typizacji w urządzeniach niezbędnych do korzystania z torfu jako paliwa w siłowniach.

W zakresie organizacji robót budowlanych i montażowych na placach budowy siłowni ciepłych przewiduje się opracowanie w roku bieżącym pełnej dokumentacji typowej (tj. wraz z kompletem rysunków roboczych) dla budynków głównych siłowni od 50 do 300 MW.

Jakkolwiek prace typizacyjne nad opracowaniem siłowni, linii przesyłowych, stacji transformatorowych oraz poszczególnych urządzeń i obiektów pomocniczych w zakładach energetycznych bardzo znacznie posunęły się naprzód w ostatnich paru latach i objęły ponad połowę opracowań dla konkretnych projektów, podkreśla się z dużym naciskiem ze strony radzieckich fachowców-energetyków konieczność rozszerzenia dotychczasowego zakresu prac typizacyjnych. Równolegle z tym prowadzone są prace nad ulepszaniem dotychczas wykonanych projektów typowych przez uwzględnianie w nich doświadczenia uzyskanego w czasie budowy i w czasie eksploatacji w pierwszych latach po uruchomieniu obiektów według tychże projektów wybudowanych.

Przy dużym rozmachu inwestycyjnym w dziedzinie budowy nowych siłowni poświadcza się jednakże dużo uwagi w Związku Radzieckim rozbudowie istniejących siłowni ciepłych, która — w porównaniu z nowym budownictwem — pozwala, jak wiadomo, na szybsze oddanie do ruchu mocy instalowanej przy obniżeniu nakładów inwestycyjnych na jednostkę mocy — w warunkach gospodarczych radzieckich nie mniej niż o 35%. Rozwiązaniem stosunkowo często stosowanym jest modernizacja zakładów istniejących przez dobudowę kotłowni wysokoprężnej i turbin czolowych.

W dziedzinie budowy elektrociepłowni, których moc w Związku Radzieckim wzrasta obecnie do 200—300 MW, pracuje się ostatnio nad zagadnieniem budowy największych tego rodzaju siłowni poza granicami wielkich miast i w związku z tym nad zagadnieniem przenoszenia wielkich ilości ciepła na odległości dłuższe od dotychczas stosowanych. Taka koncentracja skójarzonej produkcji energii elektrycznej i ciepła wpłynie na dalsze polepszenie wyników gospodarczych, a usunięcie poza miasta tych zakładów zanieczyszczających powietrze i wyposażonych w wielkie składy niskokalorycznego paliwa, poprawi stan sanitarny miast. W związku ze znacznym wzrostem zainstalowanej mocy elektrociepłowni prowadzone są prace nad zastosowaniem do ciepłownictwa turbozespołów o mocy 50 MW.

5. Wyzyskanie energii atomowej do celów elektroenergetycznych.

Data 27 czerwca 1954 roku przejdzie do historii ludzkości jako początek wielkiej rewolucji w technice i przemyśle. Data ta jest związana z uruchomieniem w Związku Radzieckim pierwszej na świecie elektrowni ciepłej, wyzyskującej nie paliwo, lecz energię otrzymywaną przy rozczepieniu jądra atomu uranu U-235. Już nie w skali laboratoryjnej zakładu naukowego i nie na miarę eksperymentu, a w skali przemysłowej uruchomiono pierwszą elektrownię atomową z turbiną o mocy 5000 kW.

Nie do celów wojennych i nie do zbrodniczych doświadczeń nad sprawdzaniem niszczycielskiej siły energii atomowej, które z niesłychanym nakładem środków materialnych praktykowano dotychczas w świecie anglosaskim, lecz do najbardziej pokojowego celu, jakim jest produkcja energii elektrycznej na najszerzy użytek, rozwiązano praktycznie zagadnienie form technicznych opanowania tej nowej, dotychczas mało znanej i zarazem tak niezwykłej formy energii. Jest to nadzwyczajny sukces Związku Radzieckiego, który nie pozwolił państwu stale produkującemu broń atomową na narzucenie państwu socjalistycznemu skoncentrowania wszelkich wysiłków naukowo-technicznych na zastosowaniach wojennych energii atomowej. Jest to sukces podwójny, gdyż uru-

chomienie siłowni atomowej oddaje inicjatywę i umożliwia przodującą rolę w dalszym rozwoju tej nowej zupełnie dziedziny techniki Związkowi Radzieckiemu. Państwa anglosaskie, jako dotychczas najbardziej spośród krajów kapitalistycznych zainteresowane w wyzyskaniu energii atomowej, i pochłonięte niemal wyłącznie kwestią wyzyskiwania jej dla celów zagłady i zniszczenia, w małym zaledwie stopniu zaawansowały prace nad możliwością przemysłowego zastosowania energii nowego pochodzenia. W środowisku tym, w kołach inżynierów i uczonych, określano przypuszczalny najkrótszy termin ewentualnego uruchomienia pierwszej elektrowni atomowej na lata około roku 1960, a czynniki lepiej zorientowane w nastawieniu kół kapitalistów decydujących o wykorzystaniu złóż uranu odsuwały ten termin na lata jeszcze dalsze z uwagi na „nieopłacalność” takiej inwestycji.

Rozpoczęcie prac nad budową 2 następnych elektrowni atomowych o znacznie wyższej mocy — rzędu 100 MW, a więc dorównujących mocą wielkim współczesnym zakładom opartym na spalaniu paliwa, otwiera zupełnie nowe perspektywy dla światowej gospodarki energetycznej w rozmiarach, które obecnie trudno jest jeszcze przewidzieć i ocenić.

6. Dalszy rozwój elektryfikacji rolnictwa radzieckiego.

Maszyną, która dokonała prawdziwie rewolucyjnego zwrotu w rolnictwie radzieckim, był traktor z silnikiem napędowym karburatorowym, który z biegiem czasu zastąpiono bardziej ekonomicznym silnikiem dyzelskim. Przez długi zatem czas mechanizacja w rolnictwie opierała się w dużym stopniu na wyzyskaniu cennego paliwa płynnego (produktów ropy naftowej) jako źródła energii. Rozwój mechanizacji współczesnego rolnictwa radzieckiego idzie w coraz większym stopniu po linii innej, a mianowicie zastosowania silnika elektrycznego i energii elektrycznej. Mechanizacja obejmuje przy tym nie tylko ciężkie prace polowe, lecz także wszelkie inne roboty pracochłonne np. w gospodarstwach hodowlanych, których 20 tysięcy ma otrzymać w roku 1954 urządzenia do zaopatrywania w wodę (a w roku następnym dalszych 30 tysięcy gospodarstw hodowlanych).

Szeroko pojęta elektryfikacja rolnictwa radzieckiego stwarza poważne zadania dla przemysłu elektrotechnicznego, a silnikowi elektrycznemu zapewnia stanowisko zgoła uprzywilejowane wobec innych rodzajów silników napędowych, co widać z następującego zestawienia przewidywanych dostaw silników napędowych trzech rodzajów dla rolnictwa radzieckiego (w tys. sztuk) w najbliższym czasie:

	1954 r.	1955 r.
silniki elektryczne o mocy do 10 kW	80,0	131,0
silniki wietrzne	5,1	7,7
maszyny parowe	0,5	1,0

Silnik elektryczny opanowuje nawet tak trudną dla tego rodzaju napędu pracę polową, jak orka. Traktor elektryczny typu UT-5 jest już obecnie produkowany seryjnie i w setkach sztuk został dostarczony do wielu majątków państwowych i gospodarstw spółdzielczych.

Elektryfikacja rolnictwa w Związku Radzieckim opiera się m. inn. na budowie elektrowni wiejskich zasilających bądź oddzielne gospodarstwa spółdzielcze, majątki państwowe i stacje maszynowo-tractorowe, bądź ich grupy. Wyższą formą elektryfikacji wiejskiej są wiejskie układy energoelektryczne, złożone z sieci o napięciach 10—35 kV i oparte na nieco większych elektrowniach wodnych. Ten ostatni wgląd jest ważny, gdyż nakład inwestycyjny na 1 kW jest — dla elektrowni wodnej o mocy zainstalowanej 500 kW w warunkach gospodarczych radzieckich — przeciętnie 1,5 raza niższy niż dla elektrowni o mocy 50 kW, a koszt własny energii elektrycznej w pierwszym przypadku jest nawet 2 razy niższy.

Równie ważnym zagadnieniem jest obniżenie kosztu budowy sieci o napięciach 10 do 35 kV, które w okęgach wiejskich o małych obciążeniach są 4 do 5 razy droższe na 1 kVA mocy zainstalowanej w stacji transformatorowej w porównaniu z sieciami o tych samych napięciach w wielkich układach energetycznych.

Energetycy radzieccy doszli do przekonania, że ze względu na elektryfikację wiejską opłacałoby się obniżyć dolną granicę stosowności parowych turbin kondensacyjnych z 750 kW na 250 kW przy najkorzystniejszym ciśnieniu pary rzędu 20—22 at. Sprawność takiego urządzenia wyniosłaby 15%, gdy teoretyczna sprawność lokomobilii parowej wynosi najwyżej 10%, a w warunkach eksploatacyjnych nie przekracza 7—8%.

Artykuły prof. K. Przanowskiego, inż. H. Stępnia i I. Polakowa, inż. A. Keyhy oraz inż. W. Steuermarka są uzupełnieniem prac Biur projektów energetycznych, ogłoszonych w zesz. 9 PE z r. b.

KAROL PRZANOWSKI
WBPE, Dział w Łodzi

Badanie stateczności współpracy równoległej w stanie nieustalonym w układzie sprowadzonym do układu dwumaszynowego

621.3-062.12

Treść. Współpraca dwóch prądnic synchronicznych w stanie nieustalonym. Obliczanie czasu wyłączania zwarcia za pomocą uniwersalnych charakterystyk drgań. Przykład stosowania metody dwóch maszyn do badania stateczności elektrowni przemysłowej.

Исследование динамической устойчивости параллельной работы в нестационарном состоянии системы, приведенной к системе двух машин. Параллельная работа двух синхронных генераторов в переходном состоянии. Расчет времени выключения короткого замыкания методом кривых предельного времени. Пример применения метода двух машин для исследования устойчивости промышленной электростанции.

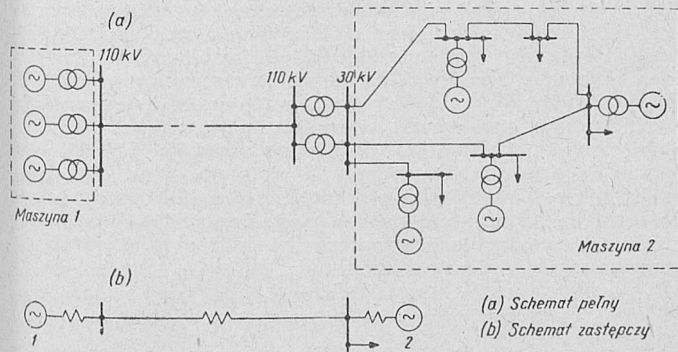
Transient stability test in a system represented by a two-machine system. Theory of two-machine systems in a transient state. Computing short circuit clearing time by means of universal swing curves. Example of a two-machine system for stability testing in an industrial plant.

1. Wstęp.

Projektując urządzenie elektroenergetyczne, określamy sposób pracy tego urządzenia, ustalamy schemat połączeń elektrycznych oraz dokonujemy wyboru elementów urządzenia. W tych czynnościach posługujemy się wieloma kryteriami technicznymi, z których część dotyczy stanów ustalonych pracy urządzenia, jak napięcie znamionowe, wytrzymałość termiczna na działanie prądów roboczych, część zaś dotyczy stanów nieustalonych, jak wytrzymałość udarowa izolacji, odporność na dynamiczne i termiczne działanie prądów zwarcio- wych.

Do kryteriów drugiej kategorii należy stateczność współpracy równoległej w stanie nieustalonym — równowaga dynamiczna. Kryterium to jeszcze zbyt rzadko jest stosowane w naszych biurach projektowych, jakkolwiek wiele jest przypadków, w których powinno się je uwzględniać. Warunki równowagi dynamicznej mogą wpłynąć na rozmieszczenie elektrowni i turbozespołów, na wybór schematu elektrycznego, wybór czasu działania wyłączników i zabezpieczeń.

W warunkach polskich nieliczne będą przypadki, w których może być przekroczona granica równowagi statycznej,



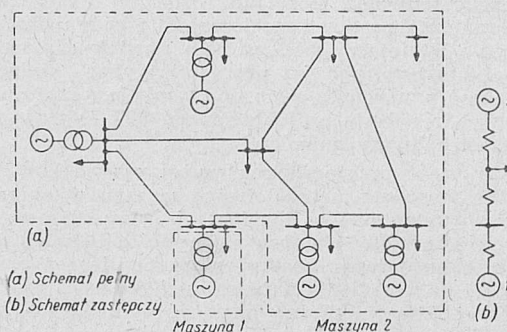
Rys. 1

i dlatego nasze biura projektowe mogą w obecnej chwili nie zajmować się tym zagadnieniem, natomiast równowaga dynamiczna powinna być przedmiotem rozważań każdego projektu elektrowni i sieci.

Często można spotkać się z poglądem, że zagadnienia równowagi dynamicznej rozwiązuje się za pomocą analizatorów sieciowych. Pogląd ten jest niesłuszny, sprawdzając bowiem równowagę dynamiczną układu elektroenergetycznego posługujemy się analizatorem sieciowym jedynie w celu ustalenia rozplywu mocy w sieci i znalezienia związku między tym rozplywem i siłami elektromotorycznymi maszyn synchronicznych. Samo badanie równowagi polega na ocenie przebiegu charakterystyk drgań wirników maszyn. Charakterystyki te zaś określa się analitycznie obliczając metodą „krok za krokiem” wartości funkcji $\delta = f(t)$. Istnieją wprawdzie analizatory typu „microréseaux” (sieci miniaturowej), pozwalające na bezpośrednie badanie na modelu równowagi dynamicznej, jednakże takich analizatorów u nas w ruchu jeszcze nie ma.

Trzeba przyznać, że wyznaczanie rozplywu mocy za pomocą analizatora sieciowego stanowi część badań równowagi dynamicznej, wymagającą najwięcej pracy, i że wykonywanie tej

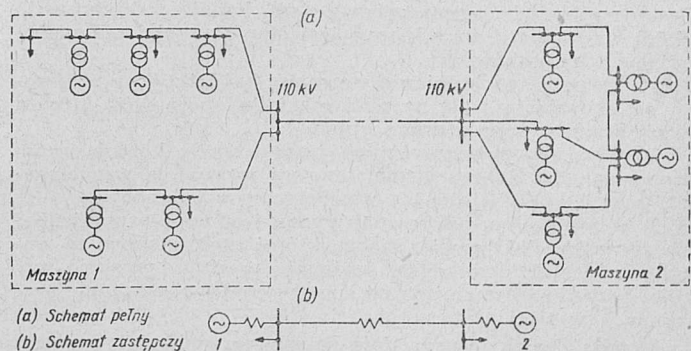
pracy metodą czysto analityczną — bez użycia analizatora — jest bardzo długotrwałe, uciążliwe i kosztowne. Potrzebny tu nakład pracy zależy od liczby maszyn synchronicznych, które



Rys. 2

pragniemy zachować w zastępczym układzie elektroenergetycznym, otrzymanym z układu rzeczywistego po dokonaniu uproszczeń, które polegają na zastąpieniu wielu maszyn rzeczywistych mniejszą liczbą maszyn zastępczych. Celowość użycia analizatora sieciowego jest wątpliwa, gdy liczba maszyn synchronicznych w układzie zastępczym jest zredukowana do trzech. Gdy liczba maszyn będzie zredukowana do dwóch, analizator sieciowy jest zbędny; badanie stateczności współpracy przeprowadza się wyłącznie metodą analityczną.

Istnieją przypadki, w których zagadnienie stateczności układów rzeczywistych może być sprowadzone do badania współpracy dwóch maszyn synchronicznych. Do przypadków tych należy np. układ, w którym odległa elektrownia, zazwyczaj wodna, dostarcza energii elektrycznej do układu sieciowego linią o znacznej długości (rys. 1). Elektrownię wodną



Rys. 3

zastępuje się wówczas jedną maszyną, a układ sieciowy drugą maszyną synchroniczną. W schemacie zastępczym obydwie maszyny połączone są opornością pozorną lub tylko bierną, odwzorowującą linię przesyłową. Badanie takiego schematu daje dostatecznie dokładne do celów praktycznych wartości granicy równowagi statycznej i dynamicznej oraz wartości wymaganych czasów działania wyłączników i zabezpieczeń przekątnikowych.

Podobny schemat zastępczy, złożony z dwóch maszyn połączonych opornością, można otrzymać rozpatrując współpracę dowolnej elektrowni z układem sieciowym (rys. 2), przy czym schemat upraszcza się, gdy moc elektrowni jest mała w porównaniu z mocą układu sieciowego, wówczas bowiem może być rozważana współpraca maszyny synchronicznej z siecią o nieskończonej wielkiej mocy, jak mówimy, z siecią sztywną.

Także praca równoległa dwóch układów sieciowych połączonych linią lub liniami przesyłowymi może być w wielu przypadkach rozważana jako praca dwóch maszyn synchronicznych o skończonych mocach (rys. 3).

W biurach projektowych metoda dwóch maszyn synchronicznych może znaleźć szerokie zastosowanie przy porównywaniu wariantów z punktu widzenia równowagi dynamicznej. Metoda dwóch maszyn pozwala na ustalenie, który z wariantów jest korzystniejszy dla współpracy maszyn, daje zatem nowe ważne kryterium wyboru. Kryterium to powinno być stosowane w następujących zagadnieniach: 1) wybór schematu projektowanej sieci; 2) wybór miejsca dla projektowanej elektrowni w istniejącym układzie elektroenergetycznym oraz wybór schematu powiązania tej elektrowni z układem; 3) wybór schematu połączeń w projektowanej elektrowni; 4) wybór sposobu sekcjonowania sieci lub rozdzielni elektrownianej w celu ograniczenia mocy zwarciowej; 5) wybór rodzaju zmian w schemacie istniejącej sieci w celu powiększenia elastyczności sieci lub pewności jej pracy; 6) wybór wyłączników i zabezpieczeń przekątnikowych pod względem czasu ich działania; 7) wybór rodzaju projektowanego SPZ — trój- czy jednofazowe, szybkie czy powolne.

Większa część przytoczonych wyżej przypadków, w których można stosować metodę dwóch maszyn w okresie projektowania, występuje i w eksploatacji, przy czym w eksploatacji omawianą metodę można stosować dodatkowo do ustalenia wymaganego czasu nastawienia zabezpieczeń przekątnikowych oraz do określenia największych wartości mocy czynnej i biernej, którymi można obciążyć elektrownie w zależności od aktualnego schematu połączeń samej elektrowni i sieci.

Nasuwa się pytanie, jaką rolę ma do spełnienia analizator sieciowy w zagadnieniach współpracy równoległej, skoro w tak wielu przypadkach można do zagadnień współpracy stosować proste metody analityczne.

Otóż metoda dwóch maszyn daje dokładne lub dość dokładne wyniki w ramach przyjętych uproszczeń, gdy jest zastosowana w przypadkach, w których badane jest zachowanie się jednej maszyny lub jednej elektrowni w stosunku do drugiej maszyny, elektrowni lub całego układu elektroenergetycznego zastąpionego przez jedną maszynę. W celu otrzymania tylko dwóch maszyn zastępczych należy łączyć równolegle maszyny w jednej elektrowni lub maszyny kilku elektrowni. W ten sposób jedna grupa maszyn synchronicznych połączonych równolegle utworzy jedną z maszyn układu dwumaszynowego, a druga grupa maszyn połączonych równolegle utworzy drugą maszynę tegoż układu. Maszyny zastępcze będą współpracowały połączone wzajemnie przez jakąś oporność. Zastępczy układ dwumaszynowy tym lepiej odwzorowuje układ rzeczywisty, im większy jest stopień spełnienia następujących warunków:

1) maszyny synchroniczne wewnątrz każdej z grup połączonych są opornością małą w porównaniu z opornością, łączącą jedną grupę maszyn z drugą grupą;

2) obciążenia poszczególnych maszyn są w każdej grupie proporcjonalne do mocy znamionowej maszyny, a współczynniki mocy tych obciążeń są wewnątrz grup jednakowe;

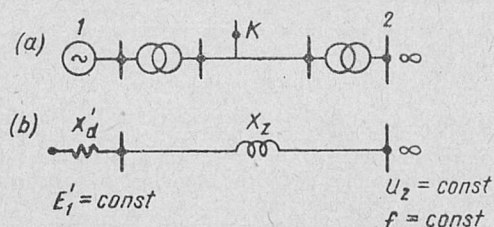
3) w przypadku, gdy rozpatrywana jest współpraca jednej maszyny lub elektrowni z siecią, której część stanowi ta maszyna czy elektrownia, moc badanej maszyny powinna być kilka razy (np. 5) mniejsza od sumarycznej mocy prądnic pracujących w sieci.

Metoda dwóch maszyn daje zatem tym dokładniejsze wyniki, im wyraźniej występują w rzeczywistości dwie grupy maszyn. Poza tym wyniki tej metody są przybliżone, jest ona bowiem oparta na wielu upraszczających założeniach i na pominięciu znacznej liczby czynników występujących w rzeczywistości. Do tych założeń i uproszczeń zazwyczaj należą: przyjęcie stałości siły elektromotorycznej za opornością bierną przejściową maszyn, pominięcie oporności czynnej maszyn, transformatorów i linii, pominięcie pojemności linii, zastąpienie odbiorów przez stałe oporności pozorne.

Użycie analizatora sieciowego pozwala na pozostawienie w układzie zastępczym większej liczby maszyn synchronicznych

oraz na uwzględnienie wielu z tych czynników, które muszą być pominięte w metodzie dwóch maszyn. Analizator sieciowy dając dokładniejsze wyniki badań pozwala równocześnie na wszechstronniejsze badania. Jednakże jest to narzędzie, które może dać dokładne wyniki dopiero po starannym przygotowaniu danych wyjściowych i po dokładnym wykonaniu obliczeń wstępnych, a więc jest to narzędzie zbyt „ciężkie” w okresie projektowania, szczególnie koncepcyjnego, kiedy dane techniczne linii i urządzeń są szacowane, jak również w wielu przypadkach w okresie eksploatacji, kiedy potrzebne są informacje choćby przybliżone, lecz dostarczone w krótkim czasie.

W tych właśnie przypadkach wielkie usługi może oddać analityczna metoda dwóch maszyn. W szczególności na wynikach otrzymanych tą metodą można opierać się przy porów-



Rys. 4

nywaniu dwóch lub więcej rozwiązań projektowych, gdy należy ustalić tylko, które z rozwiązań są więcej, a które mniej korzystne z punktu widzenia warunków współpracy równoległej.

W niniejszym artykule będą zestawione zasadnicze wiadomości z teorii współpracy równoległej dwóch maszyn synchronicznych bez podawania uzasadnień; będzie dokładnie omówiona jedna ze znanych metod, pozwalająca przy użyciu wykresów na określenie wymaganego czasu wyłączania zwarcia, oraz będzie podany przykład analizy schematu elektrowni pod względem równowagi dynamicznej.

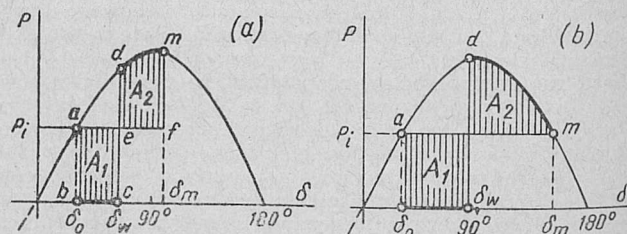
2. Teoria współpracy dwóch maszyn synchronicznych.

Praca maszyn na sieć sztywną. Jeśli w rozważaniach pominiemy oporności czynne prądnic, transformatorów i linii i uwzględnimy tylko oporności bierne podłużne, to otrzymamy schemat zastępczy przedstawiony na rys. 4. Prądnica 1 pracuje na sieć sztywną 2 za pośrednictwem jakiejś oporności zewnętrznej X_z , którą dowolnie przyjęto jako złożoną z oporności dwóch transformatorów i linii. W badaniach stanów przejściowych prądnic przyjęto przedstawiać prądnice przez stałą oporność bierną równą oporności przejściowej podłużnej X_d' oraz przez stałą siłę elektromotoryczną E_1' działającą za tą opornością bierną (rys. 4b). Oznaczając przez δ kąt między wskazaniami s. e. m. E_1' oraz wskazaniami napięcia U_2 na szynach sieci o nieskończonej wielkiej mocy, otrzymamy następujące wyrażenie na moc czynną oddawaną przez prądnice 1, do sieci sztywnej:

$$(1) \quad P_e = \frac{E_1' \cdot U_2}{X_d' + X_z} \cdot \sin \delta = \frac{E_1' \cdot U_2}{X} \cdot \sin \delta,$$

gdzie $X = X_d' + X_z$.

Jeżeli założymy, że wartości E_1' , U_2 oraz X są stałe, to moc czynna P_e będzie zmieniała się sinusoidalnie wraz ze zmianą kąta δ między wskazaniami E_1' i U_2 . Na rys. 5 pokazany jest



Rys. 5

przebieg funkcji $P_e = f(\delta)$ dla δ od 0° do 180° . Oddawaną moc czynną P_e odpowiada punkt pracy a oraz kąt δ_0 .

Maszyna 1, np. turboprądnica, będzie współpracowała synchronicznie z siecią, bez kołysań, gdy moc mechaniczna P_i dostarczana na wale prądnicy będzie równa mocy elektrycznej P_e oddawanej przez prądnice. Straty pomijamy, a więc

$$P_i = P_e.$$

Wyobraźmy sobie, że w dowolnym punkcie K na odgałęzieniu od linii łączącej maszynę 1 z siecią sztywną (rys. 4) powstało zwarcie trójfazowe bezoporowe. Ponieważ pominięliśmy oporności czynne, moc elektryczna P_e oddawana przez prądnicę spada nagle do zera.

Przed zmianą mocy P_e wskaźy E_1' i U_2 wirowały z jednakową prędkością kątową, przy czym wskaź E_1' wyprzedzał wskaź U_2 o stały kąt δ_0 . Położenie wskaźy E_1' jest związane z położeniem wirnika maszyny 1, a ponieważ wskaź U_2 wiruje ze stałą prędkością kątową, więc zmiana kąta δ_0 jest możliwa tylko wówczas, gdy wirnik maszyny 1 zmieni swą prędkość kątową. Taka zmiana prędkości kątowej nie może nastąpić nagle ze względu na bezwładność mas wirnika, a zatem w pierwszej chwili po zmianie mocy elektrycznej P_e kąt δ_0 pozostaje bez zmiany i punkt pracy przeskakuje z a do b . Zjawia się więc nadmiar mocy mechanicznej

$$P_i - P_e = P_i$$

wyrażony odcinkiem ba . Ten nadmiar mocy działając na wirnik maszyny powoduje jego przyspieszenie, a zatem i ruch względny wskaźy E_1' w stosunku do wskaźy U_2 oraz wzrost kąta δ . Punkt pracy przesuwa się po osi odciętych.

Przypuśćmy, że w chwili, gdy punkt pracy znajduje się w c , a zatem gdy kąt między wskaźami E_1' i U_2 jest δ_w , zwarcie znika (zostaje na przykład wyłączone) i oporność między prądnicą 1 i siecią 2 staje się znowu równa X . W tej chwili punkt pracy prądnicy przeskakuje z c do d i zjawia się obciążenie elektryczne prądnicy odpowiadające odcinkowi cd . Jeżeli założymy, że moc mechaniczna pozostaje przez cały czas niezmienna, np. z powodu powolności działania urządzeń regulacyjnych, i równa P_i , to po wyłączeniu zwarcia mamy nadmiar mocy elektrycznej nad mechaniczną, wyrażający się odcinkiem ed . Prądnicą jest hamowana. Jednakże gdy punkt pracy przesuwał się z punktu b do c , wirnik podlegał działaniu stałej mocy przyspieszającej i wobec tego jego prędkość kątowa względna w stosunku do wskaźy U_2 wzrastała i osiągnęła pewną wartość w chwili, kiedy punkt pracy przeskoczył z c do d . Wobec istnienia tej prędkości względnej wirnika, a zatem i wskaźy E_1' w stosunku do wskaźy U_2 , kąt δ będzie się w dalszym ciągu powiększał, a punkt pracy będzie się przesuwał po sinusoidzie od d do m . Z powodu hamującego działania na wirnik nadmiaru obciążenia elektrycznego prędkość kątowa względna wirnika będzie malała i stanie się równa zeru w jakimś punkcie m (rys. 5a). W tym punkcie pracy wskaź E_1' ma znowu prędkość synchroniczną z prędkością wskaźy U_2 . Jednakże działanie mocy hamującej fm powoduje dalsze zmniejszanie prędkości kątowej wirnika, a zatem zmniejszanie kąta δ i przesuwanie punktu pracy po sinusoidzie z m przez d i a . Gdyby nie było tłumienia, to punkt pracy oscylowałby bezustannie dokoła punktu a przesuując się po sinusoidzie w górę i w dół. Z powodu istnienia tłumienia punkt pracy wróci do a po pewnej liczbie wahań. Opisany wahadłowy ruch wirnika nazywa się kołysaniem lub drganiem.

Gdy kąt δ powiększa się od δ_0 do δ_w , na wirnik maszyny działa moc przyspieszająca określona rzędnymi, zawartymi między prostą $P_i = \text{const}$ oraz osią odciętych. Dla kątów zawartych między δ_w i δ_m na wirnik działa moc hamująca, proporcjonalna do odcinków rzędnych zawartych między sinusoidą i prostą $P_i = \text{const}$. Jeżeli weźmiemy pod uwagę, że bezwzględna prędkość kątowa wirnika maszyny, mimo jego ruchu względnego, zmienia się w niewielkich granicach ($1 \div 1,5\%$), to możemy przyjąć z wystarczającą dokładnością, że rzędne na rys. 5 przedstawiają nie tylko moce, ale i — w innej tylko skali — momenty działające na wirnik. Wobec tego pola zakresowane na rys. 5

$$A_1 = \int_{\delta_0}^{\delta_w} M \cdot d\delta \quad \text{i} \quad A_2 = \int_{\delta_w}^{\delta_m} M \cdot d\delta,$$

gdzie M oznacza moment, przedstawiają w skali energii: A_1 — zmagazynowaną w masach wirnika maszyny podczas jego ruchu przyspieszonego, A_2 — oddaną przez wirnik podczas jego ruchu opóźnionego. Ponieważ wirnik zatrzymał się w ruchu względnym, gdy punkt pracy znalazł się w m , to muszą być spełnione równania (przy pominięciu strat):

$$(2) \quad A_1 = A_2, \quad \text{lub} \quad A_1 - A_2 = 0, \quad \text{lub} \quad \int_{\delta_0}^{\delta_m} P_a \cdot d\delta = 0,$$

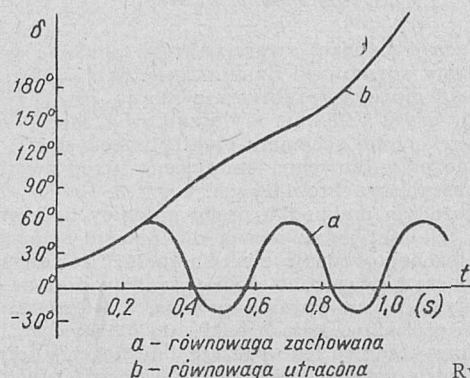
gdzie P_a jest równe mocy przyspieszającej dodatniego lub ujemnego znaku, działającej na wirnik maszyny.

Równ. (2) jest matematycznym wyrażeniem bardzo ważnej „zasady równych powierzchni”, którą będziemy posługiwali się dalej.

Na rys. 5b przedstawiony jest przypadek, kiedy wyłączenie zwarcia nastąpiło przy większym kącie δ_w , a mianowicie takim, że warunek równości powierzchni A_1 i A_2 może być wypełniony, gdy punkt m będzie leżał na przecięciu prostej $P_i = \text{const}$ z sinusoidą. Gdyby wyłączenie zwarcia nastąpiło przy jeszcze większym kącie δ_w niż przedstawiony na rys. 5b, to z powodu wzrostu powierzchni przyspieszenia A_1 (pod prostą P_i) i równocześnie zmniejszenia się powierzchni hamowania A_2 (nad prostą P_i) wirnik nie zatrzymałby się w swoim ruchu względnym, punkt pracy przeszedłby poza punkt m (rys. 5b) i od tej chwili — ponieważ znalazłby się poniżej prostej P_i — na wirnik poczęłaby znowu działać moc przyspieszająca. Prędkość kątowa wirnika nie mogłaby już wrócić do prędkości synchronicznej i równowaga w ruchu niustalonym, czyli równowaga dynamiczna, zostałaby utracona.

Przytoczone wyżej rozważania opierają się na następujących założeniach, przyjmowanych zazwyczaj zarówno w teorii, jak i w praktyce badań równowagi dynamicznej:

1) prądnicą synchroniczną może być odwzorowana przez oporność bierną przejściową, podłużną, o stałej wartości oraz



Rys. 6

przez stałą siłę elektromotoryczną (E'), występującą za tą opornością;

2) moc elektryczna P_e oddawana przez prądnicę podczas kołysań, a więc w stanie niustalonym, może być obliczana tak, jak gdyby stan był ustalony;

3) moc mechaniczna P_i dostarczana prądnicę przez silnik napędowy podczas kołysań ma wartość stałą;

4) tłumienia kołysań nie uwzględnia się;

5) kąt mechaniczny (geometryczny) wirnika prądnicy jest proporcjonalny do kąta fazowego δ , określającego położenie wskaźu s. e. m. za opornością przejściową.

Założenia powyższe doprowadziły nas do wniosku, że jeśli podczas ruchu wirnika spowodowanego zwarciem punkt pracy, poruszając się po sinusoidzie, nie dojdzie do m (rys. 5b), to równowaga nie będzie utracona, jakkolwiek wirnik będzie niustannie kołysał się ze stałą amplitudą. W rzeczywistości z powodu tłumienia amplituda kołysań zaniknie do zera. Gdyby punkt pracy przekroczył m , równowaga zostałaby utracona i kąt δ wzrastałby nieograniczenie. Wynika z tego, że maszyna albo wypada z taktu już podczas pierwszego wahań, albo nie wypada nigdy. Wystarczy zatem badać ruch wirnika podczas pierwszego wahań.

Z rys. 5 widać, że na warunki równowagi mają wpływ moc P_i w chwili poprzedzającej zwarcie oraz kąt δ_w w momencie wyłączenia zwarcia.

Z praktycznego punktu widzenia jest dla nas ważniejsza nie wartość kąta δ_w , lecz czas, po którym zwarcie powinno być wyłączone, ażeby równowaga dynamiczna nie została utracona. Związek matematyczny między kątem δ oraz czasem t jest następujący:

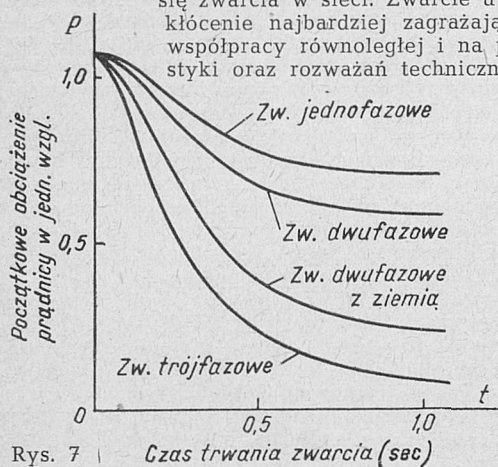
$$(3) \quad K \cdot \frac{d^2\delta}{dt^2} = P_a = P_i - P_e,$$

gdzie K — moment ilości ruchu (kręt),

P_a — moc przyspieszająca.

Funkcja $\delta = f(t)$ określona z tego związku jest — odpowiednio do przytoczonych wyżej rozważań — albo funkcją periodyczną o stałej amplitudzie, co wystąpi wówczas, gdy z powodu szybkiego wyłączenia (mały kąt δ_w na rys. 5) równowaga dynamiczna nie będzie utracona, albo funkcją nieograniczenie wzrastającą, gdy równowaga będzie utracona (przekroczenie punktu m na rys. 5b). Rys. 6 ilustruje te dwa przypadki.

W obecnie stosowanej praktyce badanie równowagi dynamicznej polega na sprawdzeniu zachowania się wirników maszyn synchronicznych w okresie następującym po pojawieniu się zwarcia w sieci. Zwarcie uważa się za zakłócenie najbardziej zagrażające równowadze współpracy równoległej i na podstawie statystyki oraz rozważań technicznych i gospodarczych



Rys. 7 Czas trwania zwarcia (sec)

czych zakłada się rodzaj zwarcia, który powinna wytrzymać sieć bez utraty równowagi dynamicznej. Wpływać na warunki równowagi możemy, praktycznie biorąc, przede wszystkim przez wybór czasu działania wyłączników i zabezpieczeń, następnie przez zmianę schematu elektrycznego sieci i wreszcie przez zmianę początkowego, istniejącego przed zwarcie, obciążenia maszyn synchronicznych.

W rozważanym przypadku pracy prądnicy na szyny o nieskończenie wielkiej mocy można dla danego schematu połączenia i założonego rodzaju zwarcia znaleźć zależność między wartością początkowego obciążenia prądnicy oraz najdłuższym dopuszczalnym czasem trwania zwarcia, a więc czasem odpowiadającym wzrostowi kąta δ od δ_0 do δ_w (rys. 5). Na rys. 7 podane są przykładowo tego rodzaju zależności w formie krzywych sporządzonych dla zwarć: jednofazowego, dwufazowego, dwufazowego z ziemią i trójfazowego.

Przepisy radzieckie zalecają przyjmowanie do badania równowagi dynamicznej następujących rodzajów zwarć w zależności od napięcia sieci i jej ważności:

1) w ważnych częściach sieci, w których utrata równowagi grozi rozpadnięciem się całego układu, zwarcie trójfazowe, z wyjątkiem linii na napięcie od 100 kV wzwyż, dla których można przyjmować zwarcie dwufazowe z ziemią, gdyż zwarcia trójfazowe są w takich liniach rzadkie; jeżeli zachowanie równowagi dynamicznej po zwarcie trójfazowym wymagałoby stosowania zbyt krótkich — technicznie jeszcze nie opanowanych wyłączeń, to można do obliczeń przyjmować zwarcie dwufazowe z ziemią;

2) w mniej ważnych częściach sieci, w których utrata równowagi może mieć następstwa tylko lokalne, przyjmuje się do obliczeń zwarcie dwufazowe z ziemią.

Krzywe podane na rys. 7 otrzymuje się z rozwiązania równ. (3). Rozwiązanie ogólne tego równania istnieje jednak tylko w pewnych przypadkach, między innymi gdy $P_a = \text{const}$. Wówczas ma ono postać następującą:

$$K \cdot \frac{d^2\delta}{dt^2} = P_a; \quad P_a = \text{const};$$

$$(4) \quad t = \sqrt{\frac{2 \cdot K \cdot (\delta - \delta_0)}{P_a}}.$$

W przypadku dotychczas rozpatrywanym — w okresie bezpośrednio następującym po zwarcie trójfazowym — moc elektryczna była równa zeru.

Równania (3) i (4) przybierają zatem formę:

$$K \cdot \frac{d^2\delta}{dt^2} = P_i - P_e = P_i; \quad (P_e = 0, \quad P_i = \text{const})$$

$$(5) \quad t = \sqrt{\frac{2 \cdot K \cdot (\delta - \delta_0)}{P_i}}.$$

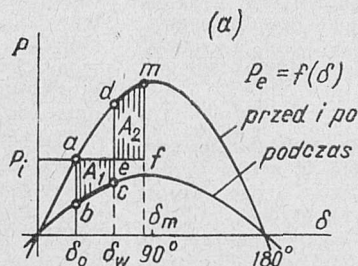
Stąd czas, w którym wirnik maszyny obróci się o kąt względny $(\delta_w - \delta_0)$, a zatem czas od chwili powstania zwarcia do jego wyłączenia, równy jest:

$$(6) \quad t_w = \sqrt{\frac{2 \cdot K \cdot (\delta_w - \delta_0)}{P_i}}.$$

Kąt δ_w może być określony wykreślnie albo analitycznie na podstawie zasady równych powierzchni (rys. 5).

W przypadku, gdy moc przyspieszająca P_a jest sinusoidalną funkcją kąta δ , rozwiązanie ogólne równ. (3) nie istnieje i muszą być stosowane specjalne metody umożliwiające określenie czasu t_w . Jedną z tych metod będzie opisana niżej.

Moc elektryczna P_e oddawana przez prądnicę do sieci o nieskończenie wielkiej mocy przez oporność wyłącznie indukcyjną wyraża się wzorem (1) słusznym w przypadku, gdy między prądnicą i siecią istnieje tylko oporność podłużna. Jeżeli oprócz oporności podłużnej znajdują się oporności poprzeczne, wówczas wzór (1) przekształca się w podobny wzór:

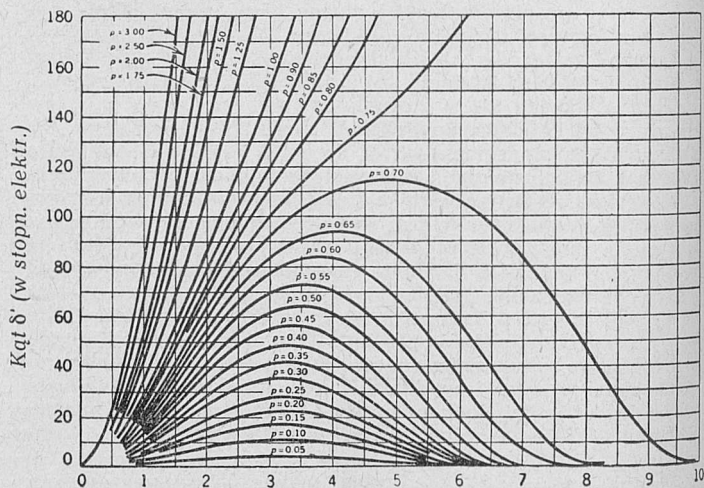
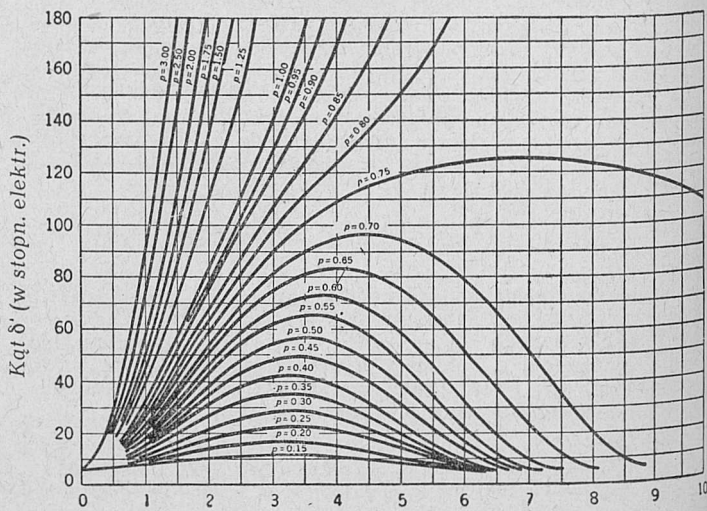


Rys. 8

$$(7) \quad P_e = \frac{E'_1 \cdot U_2}{X_{12}} \cdot \sin \delta = P_M \cdot \sin \delta,$$

w którym $P_M = \frac{E'_1 \cdot U_2}{X_{12}}$, gdzie E'_1 , U_2 i δ mają te same znaczenia, co w równ. (1), a X_{12} jest opornością wzajemną między prądnicą 1 i szynami sieci o nieskończenie wielkiej mocy.

W rozważanym poprzednio przypadku bezoporowego trójfazowego zwarcia oporność X_{12} była nieograniczenie wielka

Czas obliczeniowy τ Rys. 9. $\sin \delta'_0 = 0$ Czas obliczeniowy τ Rys. 10. $\sin \delta'_0 = 0,10$

istad moc P_e wypadła równa zero. Gdyby natomiast trójfazowe zwarcie powstało za jakąś opornością bierną, np. opornością bierną odgałęzienia, w którym wystąpiło to zwarcie, wtedy podczas trwania zwarcia oporność X_{12} miałaby wartość skończoną, a moc elektryczna czynna, oddawana przez prądnicę 1 i, oczywiście, przekazywana do sieci sztywnej, nie byłaby równa zero i zmieniłaby się sinusoidalnie wraz z kątem δ zgodnie ze wzorem (7). Rys. 8, odpowiadający rys. 5, ilustruje ten przypadek.

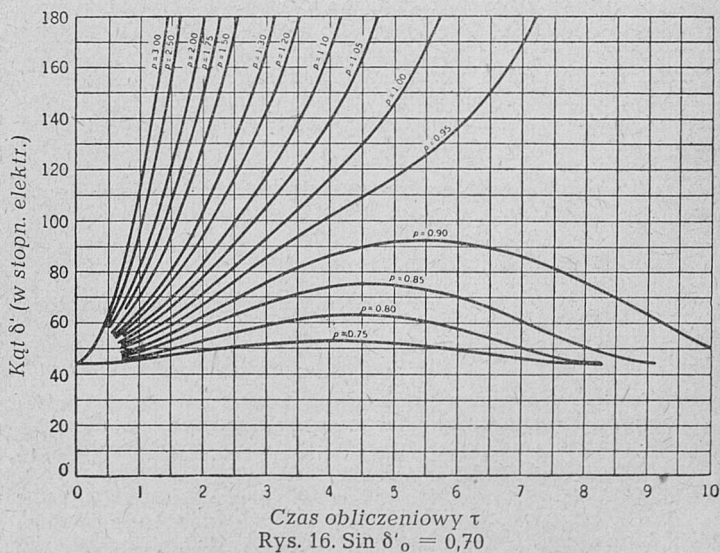
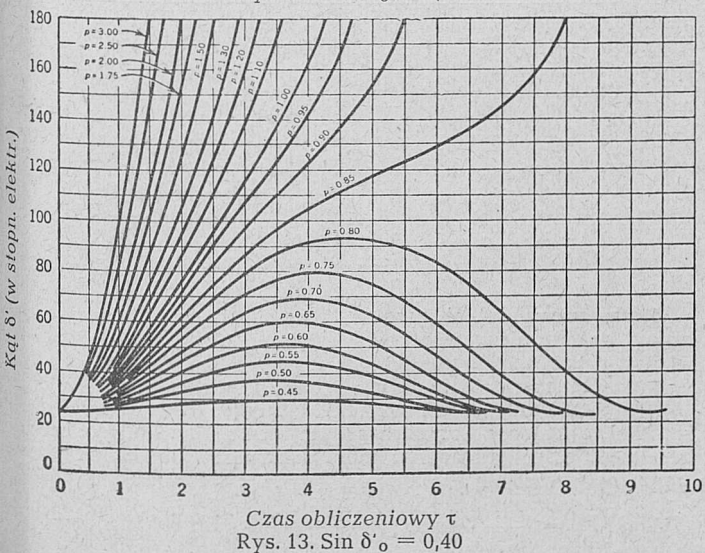
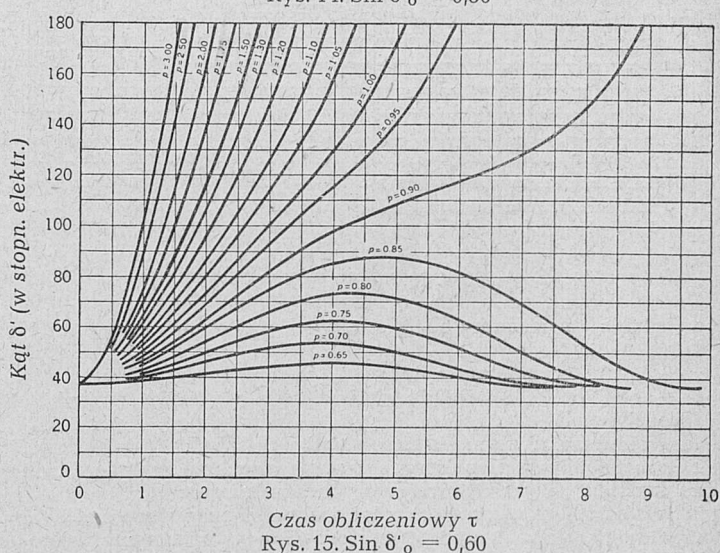
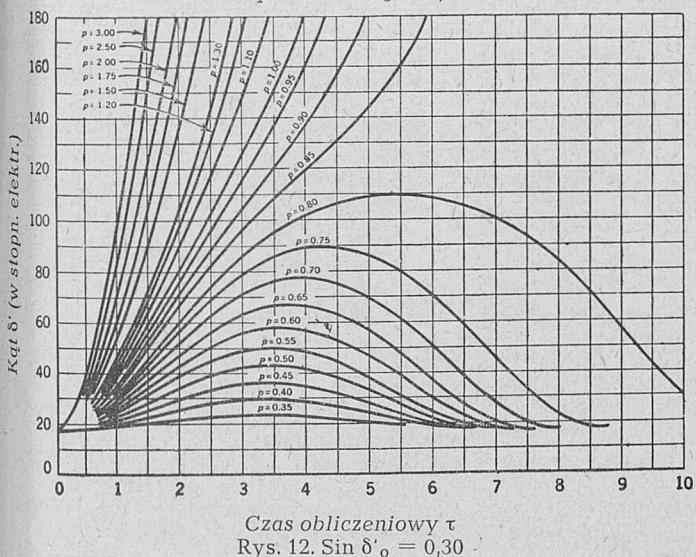
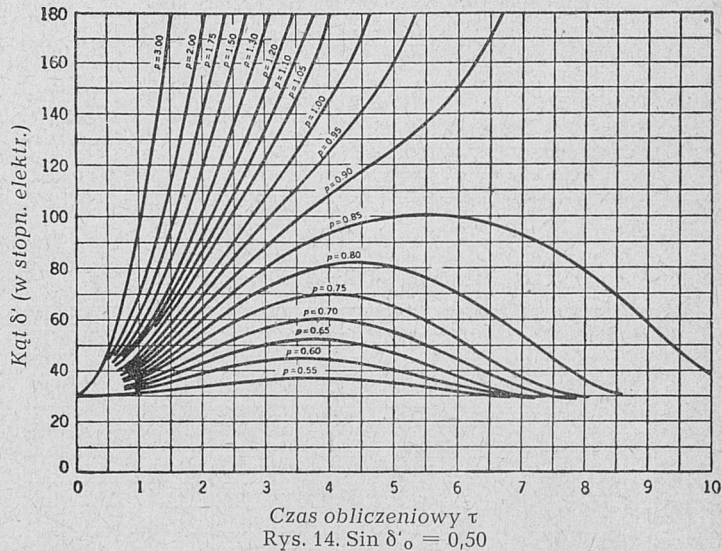
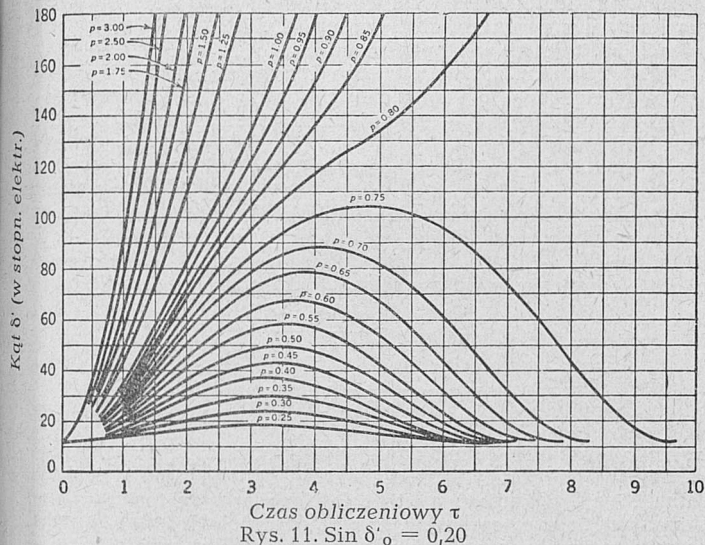
Moc przyspieszająca, proporcjonalna do zakreskowanego pola pod prostą P_i , jest mniejsza na rys. 8 niż na rys. 5, a więc kąt

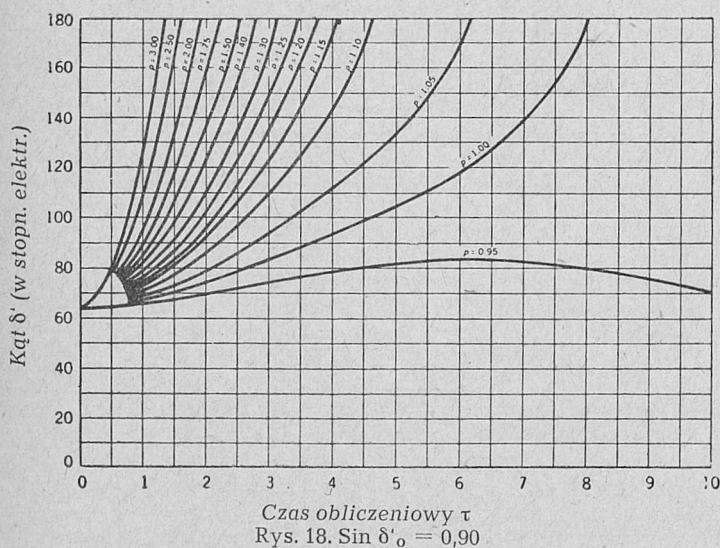
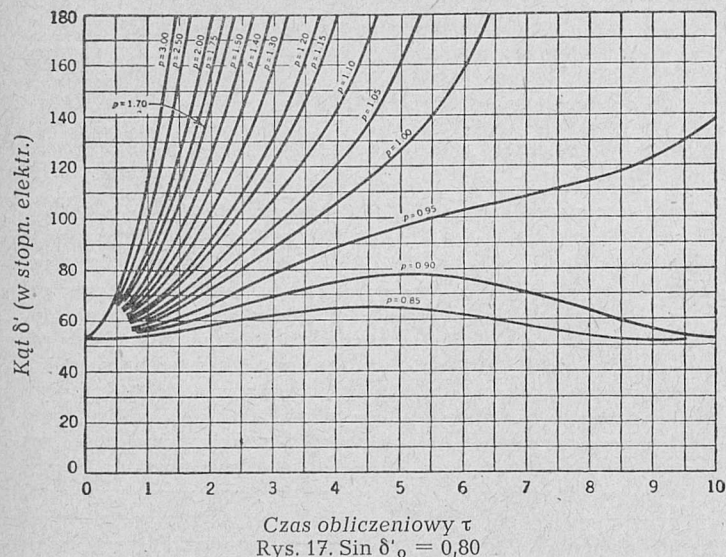
δ_w , odpowiadający chwili wyłączenia zwarcia, wypadła większy i czas t_w do wyłączenia zwarcia może być dłuższy. Przypadek przedstawiony na rys. 8 jest wobec tego korzystniejszy z punktu widzenia utrzymania równowagi dynamicznej niż przypadek przedstawiony na rys. 5.

Moc przyspieszająca wirnik prądnic

$$P_a = P_i - P_e = f(\delta)$$

jest w tym przypadku sinusoidalną funkcją kąta δ , ponieważ $P_i = \text{const}$, a $P_e = c \cdot \sin \delta$ odpowiednio do równ. (7). Zgodnie zatem z tym, co powiedziano wyżej, nie istnieje ogólne ro-





związanie równania różniczkowego (3), określającego ruch wirnika.

W celu wyznaczenia czasu t_w należy znaleźć zależność $\delta = f(t)$, tj. kąta względnego wychYLENIA wirnika w funkcji czasu, i z niej wyznaczyć czas t_w odpowiadający kątowi δ_w , otrzymanemu z zastosowania zasady równych powierzchni. Zależność $\delta = f(t)$ obliczana jest powszechnie metodą „krok za krokiem” i przedstawiana w formie krzywych.

W celu skrócenia rachunku i wyeliminowania uciążliwej metody „krok za krokiem” zastosowano w opisywanej metodzie rodziny krzywych, otrzymane z równ. (3) za pomocą integratora. Posługując się tymi krzywymi można dla układu dwumaszynowego określić czas t_w znając kąt δ_w i odwrotnie.

Równ. (3) można przedstawić w formie ogólnej, w której znikają indywidualne cechy rozpatrywanego układu, a mianowicie: do równ. (3) wstawiamy P_e z równ. (7), dzielimy je stronami przez P_M podczas oraz wprowadzamy wielkość τ określoną wzorem

$$(8) \quad \tau = t \sqrt{\frac{\pi \cdot P_{M \text{ podczas}}}{180 K}}$$

Otrzymamy równanie różniczkowe:

$$(9) \quad \frac{\pi}{180} \cdot \frac{d^2 \delta}{dt^2} = \frac{P_i}{P_{M \text{ podczas}}} - \sin \delta = p - \sin \delta,$$

gdzie $p = \frac{P_i}{P_{M \text{ podczas}}}$ (δ — w stopniach elektrycznych).

W równ. (9) nie występują w jawnej formie ani własności mechaniczne maszyny, ani własności elektryczne sieci. Rozwiązanie równania zależy od wartości p oraz początkowego kąta względnego δ_0 i początkowej prędkości kątowej względnej ω_0 .

Zadaniem naszym jest określenie czasu do wyłączenia t_w , a zatem czasu, w ciągu którego wirnik obróci się o kąt od δ_0 do δ_w podczas trwania zwarcia, a punkt pracy przesunie się

z b do c poruszając się po sinusoidzie odpowiadającej stanowi zwarcia (rys. 8). P_M podczas w równ. (9) musi zatem odpowiadać stanowi zwarcia, a początkowa prędkość względna ω_0 będzie równa zero, ponieważ w chwili zjawienia się zwarcia prądnicą pracowała synchronicznie z siecią sztywną. Rozwiązanie równ. (9) zależy wobec tego tylko od p i od δ_0 .

Na rys. 9 do 18 podane są wykresy, które pozwalają na rozwiązanie równ. (9), to znaczy na określenie τ odpowiadające danemu δ lub odwrotnie. Rodziny krzywych przedstawiające $\delta' = f(\tau)$ odpowiadają zatem krzywym $\delta = f(t)$. Są to uniwersalne charakterystyki drgań. Podane są one w zależności od parametrów p i $\sin \delta'_0$, przy czym rodzina krzywych na każdym z rysunków dotyczy innej wartości $\sin \delta'_0$ w granicach od 0 do 0,9 w stopniach co 0,1.

W przypadku dotychczas rozpatrywanym — pracy maszyny synchronicznej o skończonej mocy na sieć sztywną przez oporność indukcyjną — tok obliczeń czasu do wyłączenia t_w jest następujący:

1) ustala się dla stanu początkowego, tuż przed zwarcie, wartości P_i oraz kąta δ_0 ;

2) określa się, stosując zasadę równych powierzchni, największy dopuszczalny kąt w chwili wyłączenia zwarcia δ_w (rys. 8b);

3) oblicza się według wzoru (7) dla stanu podczas zwarcia

$$P_M \text{ podczas} = \frac{E'_1 \cdot U_2}{X_{12} \text{ podczas}};$$

4) oblicza się $p = \frac{P_M \text{ podczas}}{P_i}$ według wzoru (9);

$\delta'_0 = \delta_0$, $\sin \delta'_0$, $\delta'_w = \delta_w$;

5) z wykresów przedstawiających rodzinę krzywych, odpowiadającą obliczonej wartości $\sin \delta'_0$, określa się dla danego p oraz $\delta' = \delta'_w$ wartość τ , która jest szukaną wartością τ_w . Należy, oczywiście, stosować zasadę interpolacji między rodzinami krzywych oraz między krzywymi jednej rodziny;

6) z równ. (8) oblicza się czas t_w .

Największa wartość kąta δ_w w chwili wyłączania zwarcia może być obliczona analitycznie na podstawie rys. 8 i zasady równych powierzchni.

Jeśli równanie mocy elektrycznej prądnicy przed zwarcie i po wyłączeniu zwarcia jest

$$P_e \text{ przed} = P_e \text{ po} = P_M \text{ przed} \cdot \sin \delta,$$

$$P_M \text{ przed} = \frac{E'_1 \cdot U_2}{X_{12} \text{ przed}} = P_M \text{ po},$$

a równanie mocy podczas trwania zwarcia:

$$P_e \text{ podczas} = P_M \text{ podczas} \cdot \sin \delta,$$

$$P_M \text{ podczas} = \frac{E'_1 \cdot U_2}{X_{12} \text{ podczas}},$$

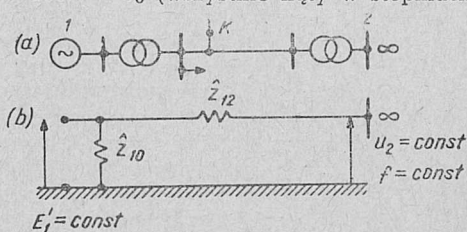
to możemy napisać równanie:

$$\int_{\delta_0}^{\delta_w} (P_i - P_M \text{ podczas} \cdot \sin \delta) d\delta = \int_{\delta_0}^{\delta_w} (P_M \text{ po} \cdot \sin \delta - P_i) d\delta$$

z którego otrzymuje się:

$$(10) \quad \frac{\pi}{180} \cdot P_i (\delta_m - \delta_0) + P_M \text{ po} \cdot \cos \delta_m - P_M \text{ podczas} \cdot \cos \delta_0 = \frac{P_M \text{ po} - P_M \text{ podczas}}{\cos \delta_w} =$$

gdzie $\delta_m = 180^\circ - \delta_0$ (wszystkie kąty w stopniach).



Rys. 19

Rozszerzmy dotychczasowe rozważania nad pracą maszyny synchronicznej na sieć sztywną przez uwzględnienie oporności czynnych podłużnych i poprzecznych. Schematy odpowiadające rys. 4 będą miały postać jak na rys. 19.

Wszystkie założenia i wnioski dotyczące równowagi dynamicznej, o których dotychczas była mowa, pozostają w mocy z następującymi zmianami: moc elektryczna oddawana przez prądnicę wyrazi się nie wzorem (7), lecz wzorem

$$(11) \quad P_e = \frac{E'_1{}^2}{Z_{11}} \cdot \sin \alpha_{11} + \frac{E'_1 \cdot U_2}{Z_{12}} \cdot \sin (\delta - \alpha_{12}),$$

gdzie E_1 i U_2 mają te same znaczenia co poprzednio,

Z_{11} — oporność pozorna własna,

$\alpha_{11} = \arctg \frac{r_{11}}{X_{11}}$ — kąt dopełniający do kąta oporności pozornej własnej,

Z_{12} — oporność pozorna wzajemna,

$\alpha_{12} = \arctg \frac{r_{12}}{X_{12}}$ — kąt dopełniający do kąta oporności Z_{12} .

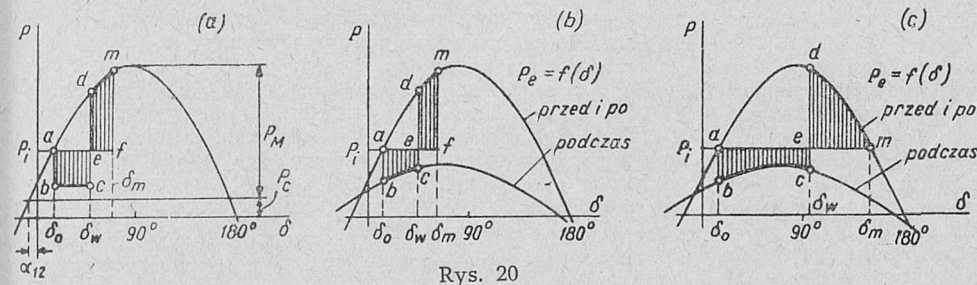
Inaczej:

$$(12a) \quad P_e = P_C + P_M \cdot \sin(\delta - \alpha_{12}),$$

$$(12b) \quad P_C = \frac{E_1'^2}{Z_{11}} \cdot \sin \alpha_{11},$$

$$(12c) \quad P_M = \frac{E_1' \cdot U_2}{Z_{12}}.$$

Porównując wzory (12) z (7) widzimy, że moc w obydwu przypadkach jest sinusoidalną funkcją kąta. Sinusoidea wyrażona



Rys. 20

równaniem (12) różni się wartością P_M , gdyż zamiast X_{12} występuje Z_{12} , oraz jest przesunięta w kierunku osi P o wielkość P_C i w kierunku osi δ o wielkość α_{12} .

Wartość P_C jest zawsze dodatnia, natomiast wartość α_{12} może być dodatnia lub ujemna.

Zasada równych powierzchni zachowuje swoją moc. Zastosowanie jej w różnych przypadkach ilustruje rys. 20.

Rys. 20a, odpowiadający rys. 5a, przedstawia warunki, kiedy trójfazowe bezoporowe zwarcie wystąpiło na krótkim odgałęzieniu od linii, łączącej prądnice 1 z szynami 2, w punkcie K. Rys. 20b dotyczy, jak rys. 8a, przypadku, w którym trójfazowe zwarcie jest na odgałęzieniu, mającym oporność różną od zera. Wreszcie rys. 20c odpowiada rysunkowi 8b i pozwala na określenie największej dopuszczalnej — ze względu na równowagę dynamiczną — wartości kąta δ_w .

Rozważania można dalej uogólnić przyjmując, że oporności Z_{11} i Z_{12} po wyłączeniu zwarcia są inne niż przed powstaniem zwarcia. Taki przypadek przedstawiony jest na rys. 21, gdzie w warunkach normalnej pracy prądnica 1 połączona jest z szynami sieci sztywnej za pomocą linii dwutorowej. Oporności pozorne — własna i wzajemna — są równe Z_{11} przed i Z_{12} podczas. Gdy na jednym torze powstanie zwarcie, oporności pozorne zmieniają się i będą miały podczas trwania zwarcia wartości Z_{11} podczas i Z_{12} podczas. Po dwustronnym wyłączeniu zwarcia przez wyłączniki A i B oporności pozorne znowu będą inne: Z_{11} po, Z_{12} po.

Wraz ze zmianą tych oporności zmieniają się i kąty α_{11} , α_{12} . Zależność mocy elektrycznej P_e , oddawanej przez prądnice, od kąta δ , tj. $P_e = f(\delta)$ w warunkach normalnych, podczas zwarcia i po wyłączeniu zwarcia można określić z równ. (11) podstawiając odpowiednie wartości Z_{11} , Z_{12} , α_{11} , α_{12} przy stałych wartościach E_1' i U_2 .

Rys. 21b przedstawia sposób zastosowania zasady równych powierzchni w celu wyznaczenia kąta δ_w .

Opisana wyżej metoda, służąca do określania najdłuższego dopuszczalnego czasu trwania zwarcia, a zatem czasu do wyłączenia t_w , może być zastosowana również w ogólnym przypadku, jak następuje.

Zamiast równ. (9) można napisać analogiczne równanie

$$(13) \quad \frac{\pi}{180} \cdot \frac{d^2 \delta'}{d\tau^2} = \frac{P_i'}{P_M \text{ podczas}} - \sin \delta' = p - \sin \delta',$$

w którym

$$(13a) \quad p = \frac{P_i'}{P_M \text{ podczas}},$$

$$(13b) \quad P_i' = P_i - P_C \text{ podczas},$$

$$(13c) \quad P_M \text{ podczas} = \frac{E_1' \cdot U_2}{Z_{12} \text{ podczas}},$$

$$(13d) \quad P_C \text{ podczas} = \frac{E_1'^2}{Z_{11} \text{ podczas}} \cdot \sin \alpha_{11} \text{ podczas},$$

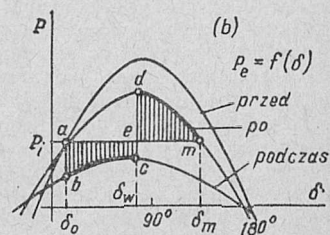
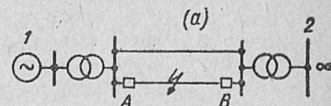
$$(13e) \quad \delta' = \delta - \alpha_{12} \text{ podczas},$$

$$(13f) \quad \tau = t \cdot \sqrt{\frac{\pi \cdot P_M \text{ podczas}}{180 \cdot K}}.$$

Stosując wartości (13a), (13b), (13c), (13d), (13e), (13f), otrzymuje się równ. (13) identyczne z równ. (9). Jedynie zamiast δ w równ. (9) występuje δ' w równ. (13). Przypadek ogólny, przedstawiony na rys. 21, sprowadza się w ten sposób do przypadku szczególnego, odpowiadającego rys. 8b.

Tok obliczenia czasu t_w jest taki sam, jak podany wyżej w punktach 1) — 6), z tą różnicą, że w punkcie 3) oblicza się:

$$(14a) \quad p = \frac{P_i'}{P_M \text{ podczas}} \quad (\text{wzór 13a}),$$



Rys. 21

$$(14b) \quad \delta'_o = \delta_o - \alpha_{12} \text{ podczas},$$

$$(14c) \quad \sin \delta'_o,$$

$$(14d) \quad \delta'_w = \delta_w - \alpha_{12} \text{ podczas}.$$

Największa dopuszczalna wartość kąta wyłączenia δ_w może być obliczona bądź wykreślnie z rysunku, odpowiadającego rys. 21, bądź analitycznie drogą kolejnych podstawień z następującego równania, otrzymanego z rys. 21:

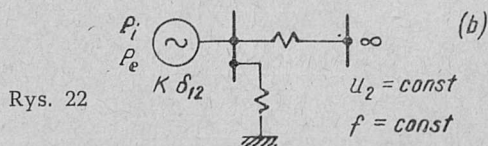
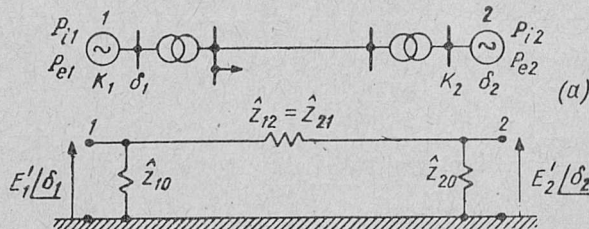
$$(15) \quad \frac{\pi}{180} \cdot \delta_w (P_C \text{ podczas} - P_C \text{ po}) - P_M \text{ podczas} \cdot \cos(\delta_w + \alpha_{12} \text{ podczas}) + P_M \text{ po} \cdot \cos(\delta_w - \alpha_{12} \text{ po}) = A + B,$$

gdzie A i B są stałymi wielkościami określonymi przez wzory:

$$(16) \quad A = \frac{\pi}{180} \cdot [\delta_m \cdot (P_i - P_C \text{ po}) - \delta_o (P_i - P_C \text{ podczas})],$$

$$(17) \quad B = P_M \text{ po} \cdot \cos(\delta_m - \alpha_{12} \text{ po}) - P_M \text{ podczas} \cdot \cos(\delta_o + \alpha_{12} \text{ podczas}).$$

We wzorach (15), (16), (17) należy wprowadzać kąty w stopniach.



Rys. 22

Wartość δ_m występującą we wzorach (16) i (17) oblicza się z równania:

$$(18) \quad P_i = P_C \text{ po} + P_M \text{ po} \cdot \sin(\delta_m - \alpha_{12} \text{ po}),$$

przyjmując pierwszą wartość δ_m większą od 90° . Wielkości P_C i P_M oblicza się z równań (12b) i (12c) po wstawieniu odpowiednich wartości Z i α .

3. Współpraca dwóch maszyn o skończonej mocy.

Załóżmy, że maszyna synchroniczna współpracuje nie z siecią sztywną, lecz z drugą maszyną synchroniczną o skończonej mocy. Współpraca odbywa się przez sieć o opornościach biernych i czynnych, podłużnych i poprzecznych (rys. 22). Prądnice 1 i 2 otrzymują od silników napędowych moce mechaniczne P_{11} , P_{12} , a oddają do sieci moce elektryczne P_{e1} , P_{e2} . Siły elektromotoryczne za opornościami biernymi przejściowymi wynoszą E'_1 i E'_2 , a wskaźy ich tworzą z osią odniesienia kąty δ_1 i δ_2 , między sobą zaś kąt $\delta_{12} = \delta_1 - \delta_2$. Momenty ilości ruchu (kręty) mas wirujących równe są K_1 i K_2 .

Sprawdzenie równowagi dynamicznej takiego układu polega na badaniu względnego ruchu wirników obydwu maszyn, spowodowanego zwarciem w sieci. Miarą ruchu względnego wirników jest zmiana kąta δ_{12} . Jeżeli kąt δ_{12} nieograniczenie wzrasta, to równowaga dynamiczna nie jest zachowana; jeżeli kąt δ_{12} zmienia się okresowo, równowaga jest zachowana. Stosuje się tu te same założenia upraszczające, które były przyjęte podczas rozważań nad zachowaniem się w stanie nieustalonym jednej maszyny synchronicznej pracującej na sieć sztywną: siły elektromotoryczne E'_1 i E'_2 są stałe (co do wartości, nie co do fazy), moce mechaniczne P_{11} i P_{12} są stałe, tłumienia nie uwzględnia się.

Układ dwóch współpracujących maszyn o skończonej mocy (rys. 22a) może być w celu badania równowagi dynamicznej zastąpiony przez jedną maszynę synchroniczną równoważną, pracującą na sieć sztywną (rys. 22b). Maszyna równoważna będzie miała kręt K , będzie otrzymywała moc mechaniczną P_i , a oddawała moc elektryczną P_e . Kąt δ_{12} określający w stanie początkowym, w stanie równowagi ustalonej, położenie wirnika, a zatem i położenie wskazów s. e. m. E' w stosunku do wskazów napięcia U_2 będzie równy kątowi δ_{12} między wskazami E'_1 i E'_2 maszyn rzeczywistych, także w stanie początkowym.

Kąt δ_{12} będzie się zmieniał podczas zwarcia w taki sam sposób w przypadku jednej maszyny równoważnej, w jaki zmienia się w przypadku dwóch maszyn rzeczywistych. Dzięki temu w celu określenia funkcji $\delta = f(t)$ lub w celu wyznaczenia czasu t_w , do wyłączenia zwarcia, można stosować te same uniwersalne charakterystyki drgań, które były podane wyżej.

Wielkości charakteryzujące maszynę równoważną określa się w następujący sposób. Odejmujemy od siebie stronami równania różniczkowe (3), napisane dla dwóch współpracujących maszyn:

$$(19) \quad \frac{d^2 \delta_1}{dt^2} = \frac{P_{11} - P_{e1}}{K_1} \quad i \quad \frac{d^2 \delta_2}{dt^2} = \frac{P_{12} - P_{e2}}{K_2}$$

$$\frac{d^2 \delta_1}{dt^2} - \frac{d^2 \delta_2}{dt^2} = \frac{d^2 \delta_{12}}{dt^2} = \frac{P_{11} - P_{e1}}{K_1} - \frac{P_{12} - P_{e2}}{K_2}$$

Mnożymy obydwie strony tego równania przez $\frac{K_1 \cdot K_2}{K_1 + K_2}$:

$$(20) \quad \frac{K_1 \cdot K_2}{K_1 + K_2} \cdot \frac{d^2 \delta_{12}}{dt^2} = \frac{K_2 \cdot P_{11} - K_1 \cdot P_{12}}{K_1 + K_2} + \frac{K_2 \cdot P_{e1} - K_1 \cdot P_{e2}}{K_1 + K_2}$$

Równanie to można napisać w prostszej formie:

$$(21) \quad K \cdot \frac{d^2 \delta}{dt^2} = P_i - P_e$$

odpowiadającej równaniu (3), które określało ruch wirnika maszyny synchronicznej pracującej na sieć sztywną.

Równ. (21) jest zatem równaniem ruchu wirnika maszyny równoważnej, przy czym

$$(22) \quad \delta = \delta_1 - \delta_2,$$

$$(23) \quad K = \frac{K_1 \cdot K_2}{K_1 + K_2},$$

$$(24) \quad P_i = \frac{K_2 \cdot P_{11} - K_1 \cdot P_{12}}{K_1 + K_2},$$

$$(25) \quad P_e = \frac{K_2 \cdot P_{e1} - K_1 \cdot P_{e2}}{K_1 + K_2}.$$

Moc mechaniczna P_i jest stała przez czas trwania przebiegu nieustalonego, natomiast moc elektryczna P_e zmienia się odpowiednio do zmian P_{e1} oraz P_{e2} , które wyrażają się wzorami (11):

$$P_{e1} = \frac{E'_1{}^2}{Z_{11}} \cdot \sin \alpha_{11} + \frac{E'_1 \cdot E'_2}{Z_{12}} \cdot \sin (\delta_{12} - \alpha_{12}),$$

$$P_{e2} = \frac{E'_2 \cdot E'_1}{Z_{21}} \cdot \sin (\delta_{21} - \alpha_{21}) + \frac{E'_2{}^2}{Z_{22}} \cdot \sin \alpha_{22}.$$

Po podstawieniu P_{e1} i P_{e2} z tych wzorów do równania (25) i po wykonaniu przekształceń otrzymuje się na moc P_e następujące wyrażenie:

$$(26) \quad P_e = P_C + P_M \cdot \sin (\delta - \gamma),$$

w którym

$$(27) \quad \delta = \delta_1 - \delta_2,$$

$$K_2 \cdot \frac{E'_1{}^2}{Z_{11}} \cdot \sin \alpha_{11} - K_1 \cdot \frac{E'_2{}^2}{Z_{22}} \cdot \sin \alpha_{22}$$

$$(28) \quad P_C = \frac{K_1 + K_2}{K_1 + K_2},$$

$$(29) \quad P_M = \frac{\frac{E'_1 \cdot E'_2}{Z_{12}} \cdot \sqrt{K_1^2 + K_2^2 + 2 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot \cos 2 \alpha_{12}}}{K_1 + K_2},$$

$$(30) \quad \operatorname{tg} \gamma = \frac{K_2 - K_1}{K_1 + K_2} \cdot \operatorname{tg} \alpha_{12}.$$

Równanie (23) wyraża kręt równoważnej maszyny, równanie (24) określa jej moc mechaniczną napędową, a równanie (26) moc elektryczną oddawaną.

Badając równowagę dynamiczną należy napisać równanie (26) dla stanu podczas zwarcia i dla stanu po wyłączeniu zwarcia. Następnie można na podstawie tych równań narysować krętowe charakterystyki mocy i stosując zasadę równych powierzchni określić dopuszczalny kąt δ_w , po czym posługując się uniwersalnymi charakterystykami drgań można wyznaczyć czas do wyłączenia zwarcia t_w .

Tok obliczeń jest następujący:

1) ustala się dla stanu początkowego, tuż przed zwarciem, wartości P_{11} , P_{12} , $P_{e1} = P_{11}$, $P_{e2} = P_{12}$, δ_0 oraz oblicza z równania (24) wartość P_i ;

2) układu się równania (26) dla stanu podczas zwarcia oraz dla stanu po wyłączeniu zwarcia i na podstawie zasady równych powierzchni określa się największy dopuszczalny kąt w chwili wyłączenia zwarcia δ_w ;

3) oblicza się:

$$(31a) \quad p = \frac{P_i'}{P_M \text{ podczas}} \text{ z wzorów (13b), (24), (28), (29),}$$

$$(31b) \quad \delta_0' = \delta_0 - \gamma_{\text{podczas}} \text{ z wzoru (30),}$$

$$(31c) \quad \sin \delta_0',$$

$$(31d) \quad \delta_w' = \delta_w - \gamma_{\text{podczas}};$$

4) z uniwersalnych charakterystyk drgań (rys. 9 ÷ 18) określa się dla obliczonych $\sin \delta_0'$ i p oraz $\delta' = \delta_w'$ wartość $\tau = \tau_w$;

5) z równania (8) oblicza się czas t_w , podstawiając pod P_M podczas wartość otrzymaną ze wzoru (26), a pod K wartość ze wzoru (23).

Uwagi uzupełniające. Metoda uniwersalnych charakterystyk drgań w połączeniu z zasadą równych powierzchni pozwala od razu na określenie najdłuższego dopuszczalnego w danych warunkach czasu do wyłączenia t_w , gdy normalnym sposobem badania równowagi dynamicznej jest droga próbnych obliczeń dla różnych, coraz ostrzejszych, założeń.

Stosując metodę uniwersalnych charakterystyk drgań można w łatwy sposób obliczyć i wykreślić zależności dopusz-

TABLICA I. Stała bezwładności H w MJ/MVA

Turbina	Moc znamionowa prądnicy S_n w MVA					
	5	10	20	30	40	50
Kondensacyjna 1500 obr/min	11,8	11,4	10,8	10,2	9,8	9,3
„ 3000 „	8,7	8,2	7,3	6,6	6,0	5,5
Przeciwprężna 3000 „	4,6	4,3	4,1	3,9	3,7	3,5
Wolnoobrotowa 80–120 „	—	1,6	2,0	2,2	2,5	2,7
„ 450–514 „	—	2,2	2,7	3,2	3,5	3,8

czalnego czasu wyłączenia t_w od początkowego obciążenia maszyny i od rodzaju zwarcia (rys. 7). Metoda pozwala na obliczenia bez uwzględnienia lub z uwzględnieniem oporności czynnych.

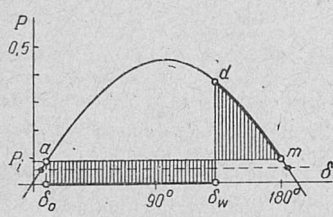
mianowicie odbiór F wynosi $7,8 \cdot 0,7 = 5,46 \text{ MW} = 0,0546 \text{ jw}$ (jw = jednostki względne), a prądnicą ($B+C+D$) niech pokrywa to obciążenie i poza tym niech oddaje do sieci sztywnej $3 \text{ MW} = 0,03 \text{ jw}$. Razem obciążenie prądnic wynosi zatem $0,0846 \text{ jw}$, co odpowiada prawie jej pełnej mocy.

Przyjmując, że napięcie na szynach sieci sztywnej równe jest $U_n = 1^{10^\circ}$, obliczymy z przyjętego rozplywu mocy napięcie na szynach 1: $U_1 = 1,032^{11,9^\circ}$ oraz s. e. m. za opornością bierną przejściową prądnic ($B+C+D$): $E' = 1,142^{17,7^\circ}$. Stąd możemy określić oporność zastępczą odbioru: $9,25 + j 9,45 \text{ jw}$. (wzór 33).

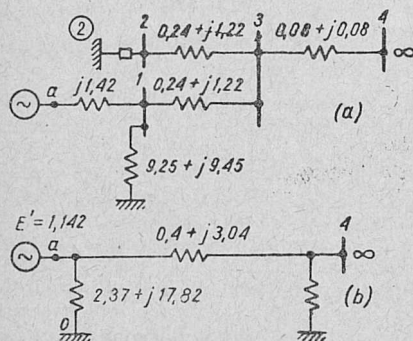
Schemat przyjęty do dalszych obliczeń przedstawiony jest na rys. 25a. Po przekształceniu otrzymuje się schemat na rys. 25b, z którego można określić oporności wzajemną i własną prądnic ($B+C+D$):

$$\hat{Z}_{a1} = 0,247 + j 2,844 = 2,86^{85^\circ},$$

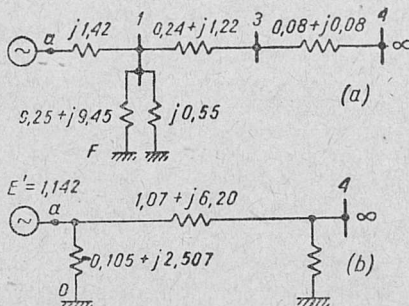
$$\hat{Z}_{aa} = \hat{Z}_{a1} \parallel \hat{Z}_{a0} = 2,6^{82,2^\circ}.$$



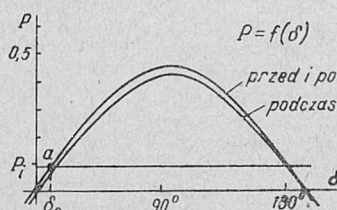
Rys. 26



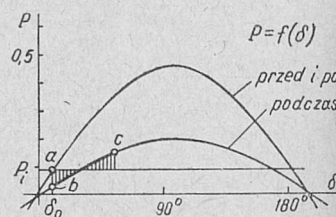
Rys. 29



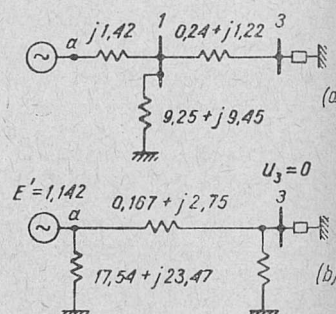
Rys. 27



Rys. 30



Rys. 28



Rys. 31

Teraz można napisać równanie mocy elektrycznej w warunkach przed zwarcie (wzór 11):

$$(35) \quad P_{e \text{ przed}} = \frac{1,142^2}{2,6} \cdot \sin 7,8^\circ + \frac{1,142 \cdot 1}{2,86} \cdot \sin (\delta - 5^\circ) = 0,0683 - 0,40 \cdot \sin (\delta - 5^\circ).$$

Sprawdzenie: w warunkach normalnych $E' = 1,142^{17,7^\circ}$, a więc $\delta_0 = 7,7^\circ$, gdyż $U_1 = 1^{10^\circ}$; wstawiając tę wartość do równ. (35) otrzymujemy:

$$P_{e \text{ przed}} = 0,0683 + 0,4 \cdot \sin 2,7^\circ = 0,0871 \cong 0,0846.$$

Wykreślamy teraz na podstawie równ. (35) charakterystykę mocy i oznaczamy na niej punkt pracy normalnej a (rys. 26).

Moc napędowa P_i równa jest, oczywiście, $P_{e \text{ przed}}$ i wynosi

$$P_i = P_{e \text{ przed}} = 0,0871.$$

Podczas zwarcia w punkcie 1 moc elektryczna oddawana przez prądnicę ($B+C+D$) równa jest zero i moc przyspieszająca wirnik wynosi P_i . Po wyłączeniu zwarcia schemat elektryczny współpracy jest taki, jak przed powstaniem zwarcia, i punkt pracy wraca na charakterystykę określoną równaniem (35). Ażeby równowaga dynamiczna została zachowana, zwarcie musi być wyłączone, gdy kąt δ osiągnie co najwyżej wartość $\delta_w = 125,5^\circ$ (rys. 26, wzór 15).

Posługując się wzorem (6) można obliczyć czas do wyłączenia, odpowiadający temu kątowi. Mamy mianowicie: a) z tabeli dla prądnic o mocy 5 MVA z turbinami przeciwnymi: $H = 4,6 \text{ MJ/MVA}$; b) ze wzoru (32):

$$K = \frac{4,6 \cdot 12,5}{180 \cdot 50 \cdot 100} = 6,4 \cdot 10^{-5};$$

c) ze wzoru (6):

$$t_w = \sqrt{\frac{2 \cdot 6,4 \cdot (125,5^\circ - 7,7^\circ)}{0,0871 \cdot 10^5}} = 0,41 \text{ s}.$$

Jeżeli zatem zwarcie w pobliżu szyn 3-kilowoltowych 1 zostanie wyłączone po czasie krótszym niż $0,41 \text{ s}$, to równowaga dynamiczna będzie zachowana. Nie ma przeszkód technicznych do zrealizowania takiego warunku.

Dwufazowe zwarcie w punkcie 1. Charakterystyka kątowa mocy przed zwarcie i po wyłączeniu zwarcia określona jest równaniem (35). Charakterystykę kątową mocy podczas zwarcia wyznaczmy stosując metodę składowych symetrycznych.

Obliczamy oporność zastępczą dla składowej kolejności przeciwnej, widzianą z miejsca zwarcia 1, uwzględniając tylko oporności bierne, i otrzymujemy $X_2 = j 0,55$. Przyłączamy tę oporność w punkcie 1 na schemacie zastępczym dla składowej zgodnej (rys. 27a) i upraszczając schemat otrzymujemy rys. 27b, z którego można określić oporności wzajemną i własną:

$$\hat{Z}_{a1} = 6,29^{80,2^\circ} \quad \text{i} \quad \hat{Z}_{aa} = 1,80^{88,9^\circ}.$$

Stąd moc elektryczna prądnic ($B+C+D$) oddawana podczas zwarcia wyrazi się wzorem:

$$(36) \quad P_{e \text{ podczas}} = \frac{1,142^2}{1,8} \cdot \sin 1,1^\circ + \frac{1,142 \cdot 1}{6,29} \cdot \sin (\delta - 9,8^\circ) = 0,014 + 0,182 \cdot \sin (\delta - 9,8^\circ).$$

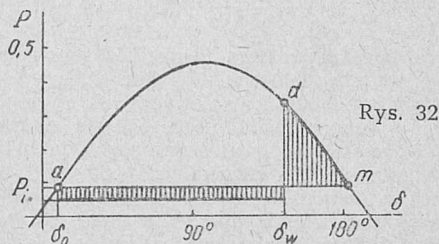
Kątowe charakterystyki mocy przed dwufazowym zwarcie, podczas zwarcia i po wyłączeniu zwarcia podane są na rys. 28. Punkt pracy przesłakuje w chwili zwarcia z a do b i następnie przesłakuje się podczas trwania zwarcia od b do c . Gdy punkt pracy osiągnie c , powierzchnia mocy hamującej nad prostą $P_i = \text{const}$ będzie równa powierzchni mocy przyspieszającej pod prostą $P_i = \text{const}$, wobec czego wirnik zatrzyma się w swym ruchu względnym. Dochodzimy do wniosku, że równowaga nie będzie utracona nawet wtedy, gdyby dwufazowe zwarcie utrzymywało się stale i nie było wyłączone. Tego rodzaju zwarcie nie wprowadza zatem żadnych ograniczeń czasu wyłączenia, który może więc być wybrany odpowiednio do innych wymagań technicznych i gospodarczych.

Zwarcie w punkcie 1 będzie miało, oczywiście, wpływ i na równowagę prądnic A . Tego przypadku jednakże badać nie będziemy, ponieważ zwarcie w punkcie 1 mniej wpływa na równowagę prądnic A aniżeli zwarcie w punkcie 2 na równowagę prądnic ($B+C+D$). Wynika to stąd, że odbiór E jest większy od odbioru F i wobec tego prądnic A będzie mocniej hamowana podczas zwarcia w punkcie 1 niż prądnic ($B+C+D$) podczas zwarcia w punkcie 2.

Trójfazowe i dwufazowe zwarcie w punkcie 2. Prądnic A jest w normalnych warunkach pracy obciążona całkowicie, pracuje zatem w podobnych

warunkach jak prądnicą ($B+C+D$). Pomijając niewielką różnicę oporności biernej przejściowej można przyjąć, że podczas trójfazowego zwarcia w punkcie 2 prądnicą A będzie zachowywała się tak, jak prądnicą ($B+C+D$) podczas trójfazowego zwarcia w punkcie 1, że zatem równowaga dynamiczna będzie zachowana, jeśli zwarcie będzie wyłączone po czasie nie dłuższym niż 0,41 s.

Przeprowadzając podobne porównanie warunków pracy podczas zwarcia dwufazowego dochodzimy do wniosku, że w tym przypadku prądnicą A będzie w nieco lepszych warunkach niż była prądnicą ($B+C+D$), ponieważ odbiór E jest większy od odbioru F , a zatem hamowanie prądnicy A będzie podczas zwarcia większe. Wobec tego i prądnicą A nie



Rys. 32

utraci synchronizmu podczas zwarcia dwubiegunowego w punkcie 2, nawet jeśli to zwarcie nie będzie wyłączone.

Zbadajmy teraz zachowanie się prądnicy ($B+C+D$) podczas zwarcia trójfazowego w punkcie 2. Schematy oporności — wyjściowy i końcowy — pokazane są na rys. 29a i 29b. Na ich podstawie można napisać wyrażenia na moc elektryczną: a) przed zwarcie i po wyłączeniu zwarcia:

$$P_{e \text{ przed}} = P_{e \text{ po}} = 0,0683 + 0,40 \cdot \sin(\delta - 5^\circ);$$

$$b) \text{ podczas zwarcia: } \hat{Z}_{aa} = 3,07^{\frac{182,5^\circ}{2}}, \hat{Z}_{aa} = 2,62^{\frac{182,5^\circ}{2}},$$

$$P_{e \text{ podczas}} = \frac{1,142^2}{2,62} \cdot \sin 7,5^\circ + \frac{1,142 \cdot 1}{3,07} \cdot \sin(\delta - 7,5^\circ) = 0,065 + 0,372 \cdot \sin(\delta - 7,5^\circ).$$

Kątowe charakterystyki mocy odpowiadające powyższym równaniom pokazane są na rys. 30. Odbiegają one nieznacznie od siebie, co oznacza, że prądnicą ($B+C+D$) prawie nie odczuje zwarcia trójfazowego w punkcie 2 i równowaga tej prądnicy nie będzie utracona, nawet jeśli zwarcie będzie trwałe i nie zostanie wyłączone.

Wynik ten daje odpowiedź na pytanie, które było stawiane podczas projektowania zabezpieczeń rozpatrywanej elektrowni przemysłowej: czy potrzebne jest zabezpieczenie szyn zbiorczych 3-kilowoltowych? Odpowiedź ta brzmi: nie, żadne bowiem zwarcie na jednej sekcji szyn 3-kilowoltowych nie powoduje utraty stateczności prądnic, przyłączonych do drugiej sekcji szyn 3-kilowoltowych.

Trójfazowe zwarcie w punkcie 3. W czasie trwania trójfazowego zwarcia w punkcie 3 moc czynna oddawana przez prądnice przyłączone do obydwu sekcji szyn 3-kilowoltowych zmniejsza się i wirniki prądnic zaczynają zwiększać swą prędkość. Z tego powodu będzie wzrastał kąt fazowy między wektorem s. e. m. E' prądnicy A a wektorem napięcia U_4 na szynach sieci sztywnej, przy czym kąt fazowy między s. e. m. E' prądnicy A i s. e. m. E' prądnicy ($B+C+D$) może się także zmieniać, lecz w stopniu znacznie mniejszym, ponieważ wszystkie wirniki przyspieszają i to prawdopodobnie z dużą równomiernością wobec dość znacznej symetrii schematu, mocy znamionowych prądnic i obciążeń sekcji szyn 3-kilowoltowych. Opierając się na tym rozumowaniu będziemy badali tylko zachowanie się prądnic w stosunku do sieci sztywnej i to zachowanie się prądnicy ($B+C+D$), ponieważ będzie ona w nieco gorszych warunkach niż prądnicą A z powodu mniejszego hamowania.

Schemat zastępczy układu przed powstaniem zwarcia i po jego wyłączeniu przedstawiony jest na rys. 25a, schemat podczas zwarcia na rys. 31a, 31b. Zgodnie z tymi schematami moce elektryczne będą wyrażały się następującymi równaniami:

$$P_{e \text{ przed}} = P_{e \text{ po}} = 0,0683 + 0,40 \sin(\delta - 5^\circ),$$

$$\hat{Z}_{aa} = 2,55^{\frac{183,8^\circ}{2}},$$

$$P_{e \text{ podczas}} = \frac{1,142^2}{2,55} \cdot \sin 6,2^\circ = 0,055 = \text{const.}$$

Kątowe charakterystyki mocy odpowiadające tym równaniom są przedstawione na rys. 32.

Stosując wzór (15) obliczamy $\delta_w = 147^\circ$, a następnie ze wzoru (4) obliczamy t_w :

$$P_a = 0,0871 - 0,055 = 0,0321,$$

$$t_w = \sqrt{\frac{2 \cdot 6,4 \cdot (147^\circ - 7,7^\circ)}{0,0321 \cdot 10^9}} = 0,74 \text{ s.}$$

Zwarcie trójfazowe w pobliżu szyn 30-kilowoltowych (3) powinno być wyłączone po czasie krótszym niż 0,74 s, jest więc ono mniej groźne dla stateczności niż zwarcie trójfazowe w pobliżu szyn 3-kilowoltowych.

Z pewnością można twierdzić, że dwufazowe zwarcie w pobliżu szyn 30-kilowoltowych nie spowoduje utraty równowagi tak, jak nie spowodowało jej dwufazowe zwarcie w pobliżu szyn 3-kilowoltowych.

Zestawienie wyników badania. Rozpatrywany układ odznacza się dużą statecznością, co należy przypisać silnemu powiązaniu tego układu z siecią sztywną. Jeżeli stateczność układu ma być zachowana nawet podczas zwarć trójfazowych, to zwarcia w pobliżu szyn zbiorczych 3-kilowoltowych powinny być wyłączone po czasie krótszym niż 0,41 s, zwarcia zaś w pobliżu szyn 30-kilowoltowych po czasie krótszym niż 0,74 s. Jeżeli natomiast uznać, że zwarcia trójfazowe w pobliżu szyn zbiorczych są rzadkie i układ może utracić równowagę, gdy niekiedy wystąpią, to warunki stateczności nie narzucają żadnych wymagań co do czasu wyłączenia zwarć i czasy te mogą być wybierane na podstawie innych kryteriów.

Przykład II

Pewien układ elektroenergetyczny został sprowadzony do maszyny pracującej na szynach sieci sztywnej. Moc znamionowa maszyny $P_n = 5$ MVA, jej stała bezwładności $H = 3$ MJ/MVA.

Przed zwarcie i podczas zwarcia praca maszyny określona jest w następujący sposób:

$$P_{e \text{ przed}} = 2 \cdot \sin \delta = P_{e \text{ po}};$$

$$\delta_0 = 30^\circ;$$

$$P_1 = 1; E' = 1,2^{\frac{30^\circ}{2}}; U_2 = 1^{\frac{10^\circ}{2}};$$

$$P_{e \text{ podczas}} = 0,8 \cdot \sin \delta.$$

W obliczeniach pominięto oporności czynne. Moc podstawowa $S_p = 5$ MVA.

Obliczyć, po jakim czasie powinno być wyłączone zwarcie, jeżeli — stosując zasadę równych powierzchni — ustalono, że równowaga dynamiczna będzie zachowana, gdy w chwili wyłączenia zwarcia kąt δ_w nie przekroczy wartości $67,5^\circ$.

$$\text{Obliczamy: } p = \frac{P_1}{P_{M \text{ podczas}}} = \frac{1}{0,8} = 1,25;$$

$$\delta'_0 = \delta_0 = 30^\circ; \sin \delta'_0 = \sin 30^\circ = 0,5; \delta'_w = \delta_w = 67,5^\circ$$

Z rys. 14 znajdujemy dla $p = 1,25$ oraz $\delta' = \delta'_w = 67,5^\circ$ wartość $\tau = 1,4 = \tau_w$.

Obliczamy K ze wzoru (32):

$$K = \frac{H \cdot S_n}{180 \cdot f \cdot S_p} = \frac{3,5}{180 \cdot 50 \cdot 5} = 3,34 \cdot 10^{-4}$$

i ze wzoru (8) obliczamy t_w :

$$\tau = t \cdot \sqrt{\frac{\pi \cdot P_{M \text{ podczas}}}{180 \cdot K}} = t \cdot \sqrt{\frac{\pi \cdot 0,8 \cdot 10^4}{180 \cdot 3,34}} = t \cdot 6,48,$$

$$\text{skąd } t_w = \frac{\tau_w}{6,48} = \frac{1,4}{6,48} \approx 0,22 \text{ s.}$$

Zwarcie powinno być wyłączone po czasie krótszym niż 0,22 sek.

LITERATURA

- [1] Podręcznik inżyniera elektryka. Tom III. Część piętnasta. Trzaska, Evert, Michalski, 1950
- [2] Nowacki P. Linie dalekosiężne. PWT, 1953
- [3] Zdanow P. S. Ustojechnost' elektriceskich sistem. Gosenergoizdat, 1948
- [4] Markowicz J. M. Energieticeskije sistemy i ich rieżymy. Gosenergoizdat, 1952
- [5] Dahl O. Electric Power Circuits. Vol. II. Mc Graw-Hill Book Company, 1938
- [6] Kimbark E. W. Power System Stability. Vol. I. John Wiley & Sons, 1948

INŻ. H. STĘPIŃ
MGR INŻ. I. POLAKOW

Dział Proj.
Sieci Ciepłown. WBPE

Rozwój ciepłownictwa w Polsce

„71”:662.9, 1953/1955”

Treść. Drogi rozwojowe ciepłownictwa w Polsce w okresie od 1953 do 1965 r. z podaniem charakterystyki członów ciepłowni-
czych poszczególnych typów elektrociepłowni. Zagadnienia ekonomiczne ciepłownictwa wraz z porównaniem kosztów inwestycyjnych
i eksploatacyjnych przy ciepłownictwie i gospodarce rozdzielonej. Najważniejsze problemy związane z projektowaniem ciepłownictwa
i sieci ciepłowniczych.

Развитие теплофикации в Польше. Пути развития теплофикации в период 1953—1965 г. и характеристика составных частей электроцентралей
различного типа. Экономические проблемы теплофикации; сравнение капиталовложения и эксплуатационных расходов при теплофикационном и раз-
дельном хозяйстве. Важнейшие вопросы, связанные с проектированием теплоэлектроцентралей и теплофикационных сетей.

Development of central heating systems in Poland. Trends of development of central heating schemes as outlined for the pe-
riod from 1953 to 1965, together with characteristics of heat generating assemblies and distributing systems in individual types of com-
bined electric power and heat plants. Economic problems of central heating systems, and comparison of investment and operating costs
in the case of combined electric power and heat systems of detached systems. Leading problems in designing power and heat supply
stations and distributing systems.

1. Wstęp.

Podstawy teoretyczne dla rozwoju ciepłownictwa istnieją od bardzo dawna. Od dawna też znane są korzyści gospodar-
cze, wynikające ze stosowania skojarzonej gospodarki elek-
trociepłej. Na nieznaczną skalę wyzyskiwano ciepło pary
odłotowej z silników cieplnych w przemyśle jeszcze w XIX
wieku. Mimo to gospodarka kapitalistyczna nie potrafiła za-
pewnić należytego postępu w tej dziedzinie techniki.

Kolosalny rozwój ciepłownictwa w ZSRR związany jest nie-
wątpliwie z gospodarką socjalistyczną — gospodarką plano-
wą, gdzie decyduje interes ogólnonarodowy, a nie koncesje
i dochody kapitalistów. Idąc drogą wypróbowaną w ZSRR
energetyka PRL realizuje na dużą skalę ciepłownictwo. Na
podstawie dokumentacji WBPE wprowadza się ciepłownictwo

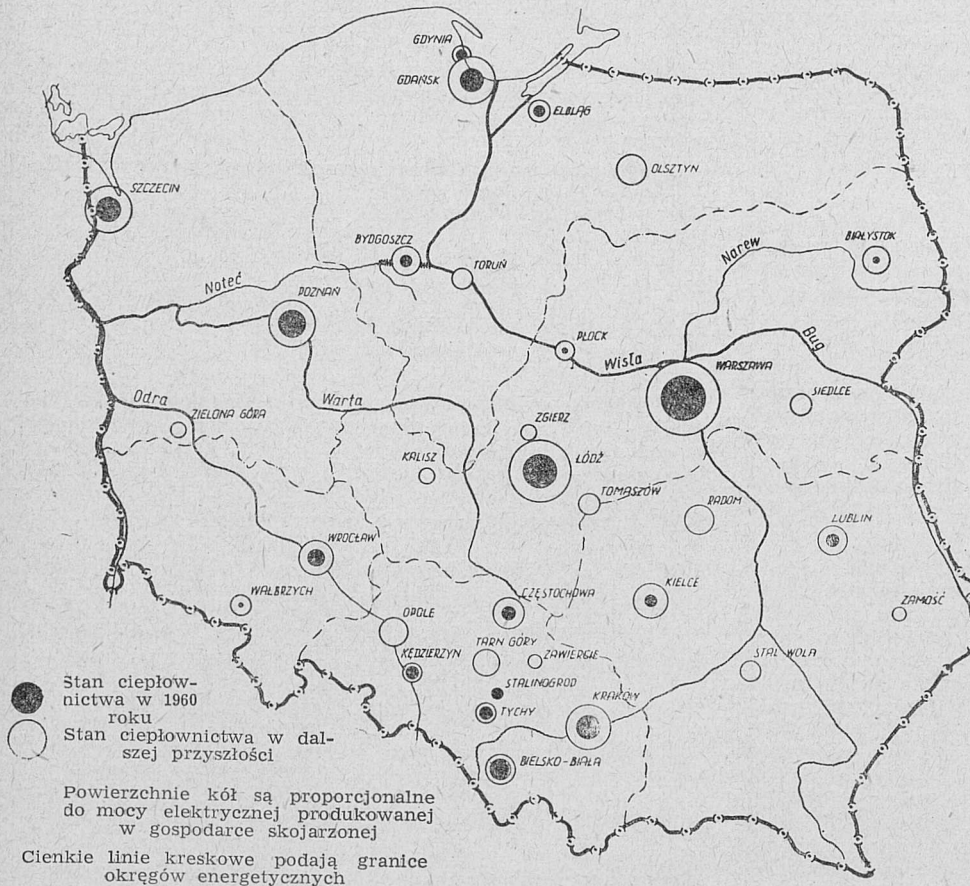
szoną próżnią. Elektrownia ta zasilila w ciepło — przez ma-
gistrallę o średnicy 600 mm — Pałac Kultury i Nauki oraz in-
ne nowe i stare budynki śródmieścia. Już w pierwszym roku
eksploatacji zaoszczędzono ok. 8000 t węgla, korzystając
z mniej licznej personelu eksploatacyjnego (w stosunku do
obsługi koniecznej dla eksploatacji kotłowni indywidualnych),
oraz obniżono wydatki inwestycyjne państwa dzięki uniknię-
ciu budowy kotłowni do ogrzewania nowych budynków. Wla-
tach 1954 i 1955 ciepłownictwo będzie w dalszym ciągu rozu-
budywane w Warszawie bardzo intensywnie.

Elektrociepłownia na Powiślu (przebudowana elektrownia
warszawska) powiększy dziesięciokrotnie swą wydajność i za-
sili znaczną część śródmieścia łącznie z otoczeniem PKN
i MDM. Poza tym w 1954 r. będzie uruchomiona nowa elektro-
ciepłownia na Żeraniu, która będzie
jedną z największych elektrociepłowni
na świecie; będzie zasilac w cie-
pło dzielnice Żerań i Pragę. Do do-
prowadzenia ciepła z obu elektrociep-
łowni do odbiorców będzie wybudowa-
wana sieć ciepłownicza o długości
około 35 km. Czynnikiem cieplnym
w warszawskiej sieci ciepłowniczej
jest woda o parametrach 150/70°C.

Intensywny rozwój ciepłownictwa
w skali ogólnokrajowej nastąpi w
pierwszym planie pięcioletnim
(1956—60). W tym okresie ciepłowni-
ctwo będzie wprowadzone w kilku-
dziesięciu miastach i osiedlach Pol-
ski, które będą silnie rozbudowywa-
ne. Do najważniejszych miast prze-
widzianych w planie 5-letnim do u-
ciepłownienia należy zaliczyć War-
szawę, Łódź, Bielsko, Tychy, Poznań,
Gdańsk, Kraków i Wrocław. W mia-
stach tych ciepłownictwo będzie oparte
na nowych elektrociepłowniach
zawodowych lub elektrociepłowniach
przebudowywanych ze starych elek-
trowni kondensacyjnych, które po-
łożone są zazwyczaj blisko centrum
miasta, a więc w miejscu korzystnym
dla potrzeb ciepłownictwa.

Elektrociepłownie będą pokrywały
głównie zapotrzebowanie ciepła do
ogrzewania, wentylacji i otrzymywa-
nia ciepłej wody w budynkach ko-
munalnych i przemysłowych. W mia-
stach silnie uprzemysłowionych, jak
Łódź i Bielsko, w których są zakłady
przemysłowe, zużywające duże ilości
ciepła, elektrociepłownie będą pokry-
wać również pobór ciepła do celów
odrębnej sieci, przeważnie parowej.

Na planie państwa (rys. 1) pokazano ważniejsze miasta,
które będą objęte ciepłownictwem. Poza dużymi miastami cie-
płownictwo będzie wprowadzone w mniejszych nowobudowa-
nych osiedlach i miasteczkach powstających przy dużych za-
kładach przemysłowych lub elektrowniach kondensacyjnych.
Typowym przykładem rozwiązania ciepłownictwa osiedli przy-
fabrycznych jest Lublin, gdzie elektrociepłownia przemysłowa
położona na terenach Fabryki Samochodów Ciężarowych za-
sili w ciepło pobliskie osiedla mieszkaniowe, oraz Skawina,



Rys. 1. Przewidywany rozwój ciepłownictwa w Polsce

w Warszawie. Zamierzenia na przyszłość obejmują poza War-
szawą szereg dużych, średnich, a czasem i małych miast.

Ciepłownictwo poza niewątpliwymi korzyściami gospodar-
czymi polepsza warunki sanitarne miast (zmniejsza zadymie-
nie) oraz poprawia warunki życia mieszkańców, dając im ta-
nią wodę gorącą dla potrzeb gospodarstwa domowego.

2. Drogi rozwoju ciepłownictwa.

Rozwój ciepłownictwa w Polsce został zapoczątkowany
w Warszawie w 1953 r., kiedy przystosowano do oddawania
ciepła w gospodarce skojarzonej elektrownię warszawską
przez przerobienie w niej jednej turbiny na pracę z pogor-

gdzie elektrownia kondensacyjna zasili nowobudujące się miasteczko.

Zróżnicowaniem źródeł ciepła dla osiedli przyfabrycznych i małych miast będą elektrociepłownie przemysłowe zbudowane na terenie zakładów przemysłowych oraz elektrownie kondensacyjne przy których powstaną nowe osiedla mieszkaniowe.

Ciepłownictwo będzie wprowadzone nie tylko w miastach i osiedlach, ale również w dużych zakładach przemysłowych, które zużywają znaczne ilości ciepła szczególnie dla potrzeb technologicznych. Jako typowe zakłady przemysłowe, w których energia cieplna będzie wytwarzana w gospodarce skojarzonej, należy wymienić Fabrykę Samochodów Ciężarowych, Nową Hutę i wiele innych.

Z koncepcji rozwoju ciepłownictwa w Polsce, opracowanej przez Warszawskie Biuro Projektów Energetycznych, wynika, że w 1960 r. wydajność ciepła elektrociepłowni wyniesie ok. 2800 Gcal/h, a moc elektryczna wytwarzana jednocześnie wyniesie ok. 680 MW. Tak duży rozwój ciepłownictwa jest związany przede wszystkim z rozwojem nowoczesnego budownictwa, które wymaga zaopatrzenia w ciepło w sposób najbardziej ekonomiczny i zapewniający jak najlepsze warunki kulturalno-bytowe mieszkańcom miast i osiedli państwa socjalistycznego. Cały rozwój ciepłownictwa opiera się w zasadzie na nowym budownictwie. Budownictwo istniejące (stare), wyposażone w instalacje centralnego ogrzewania, będzie przyłączane do sieci ciepłowniczej w miarę jej rozbudowy, jeżeli położone jest przy trasach magistralnych, budownictwo zaś stare, nie mające instalacji c. o. nie będzie na razie otrzymywać ciepła z elektrociepłowni. Rozwiązanie takie jest konieczne w pierwszym okresie realizacji ciepłownictwa ze względu na duże koszty inwestycyjne i duże zużycie stali, które są niezbędne do wyposażenia w instalacje ciepłe starych budynków oraz do wybudowania dla nich źródeł ciepła i sieci zewnętrznych. Dopiero w dalszej perspektywie projektuje się przyłączenie do sieci ciepłowniczej również budownictwa starego, położonego w miastach objętych ciepłownictwem. Tę zasadę stosuje Związek Radziecki, gdzie całe dzielnice stare w miastach są przyłączane do sieci ciepłowniczej. Postępowanie takie należy uznać za słuszne, gdyż ciepłownictwo daje przede wszystkim duże oszczędności eksploatacyjne.

Nowe elektrociepłownie przewidziane do realizacji w latach 1956—1960 będą pracowały w zasadzie na wysokich parametrach (90 ata, 500°C). Wyjątek stanowi projektowana elektrociepłownia w Tychach, która będzie pracowała na średnich parametrach (40 ata, 450°C). Przyjęcie mniej ekonomicznych parametrów dla tej elektrociepłowni tłumaczy się koniecznością szybkiego uruchomienia jej (łatwiej otrzymać kotły, turbogeneratory itp.). Poza tym elektrociepłownia ta jest stosunkowo niewielka i celowość jej budowy na wysokie parametry stoi pod znakiem zapytania.

Nie wszystkie nowe elektrociepłownie przewidziane do realizacji do 1960 r. są niezbędne konieczne dla pokrycia obciążenia cieplnego. Niektóre z nich będą budowane, by przez kilka lat pokrywać głównie zapotrzebowanie energii elektrycznej danego okręgu, a dopiero później będą obciążone również odbiorami ciepłymi.

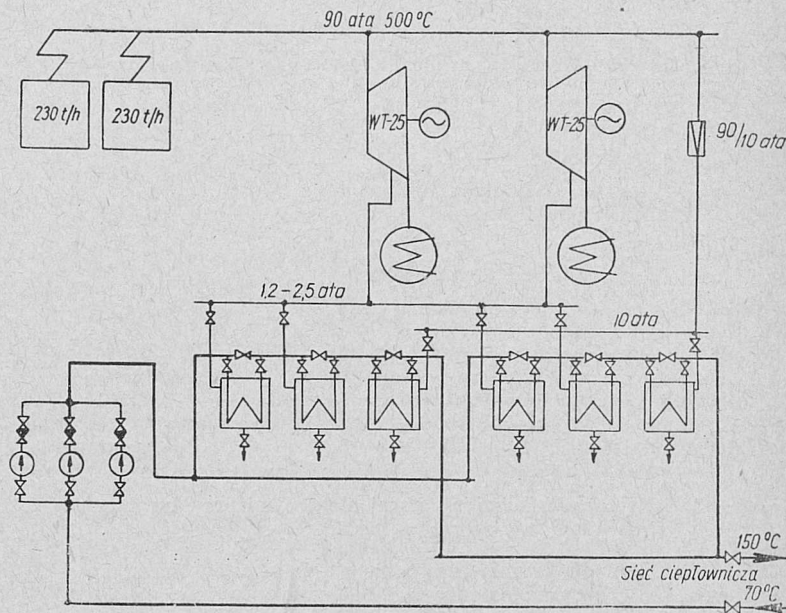
Nowe elektrociepłownie będą wyposażone wyłącznie w turbiny konstrukcji radzieckiej typu WT-25, WP-25 i WPT-25 lub wzorowane na nich. Pierwsze z nich są przeznaczone do oddawania ciepła do celów ogrzewania, wentylacji i dostarczania ciepłej wody, gdyż mają regulowany upust 1,2 ÷ 2,5 ata o wydajności 100 t/h pary. Turbiny typu WP-25 są przeznaczone do zasilania w ciepło odbiorów technologicznych; mają one uregulowany upust $8\frac{+3}{-2}$ i wydajność upustu wynosi ok. 100 t/h pary. Turbiny typu WPT-25 mają obydwa wymienione upusty.

Kotłownie nowych elektrociepłowni będą wyposażone w kotły o wydajności po 120, 170 lub 230 t/h — w zależności od wielkości elektrociepłowni i możliwości otrzymania poszczególnych typów kotłów. Elektrociepłownie budowane do 1955 r. otrzymają turbiny typu WT-25 produkcji radzieckiej i turbiny typu WP-25 produkcji czeskiej. W pierwszych latach Planu 5-letniego będzie uruchomiona w kraju produkcja turbin typu WT-25 i kotłów o wydajności 230 t/h (na licencji radzieckiej). W związku z tym elektrociepłownie będą wyposażone w powyższe urządzenia krajowej produkcji.

Typowy ideowy schemat nowej elektrociepłowni podano na rys. 2. Przy każdej turbinie będą ustawione 3 wymienniki

ciepła, z których dwa o powierzchni ogrzewalnej po 550 m² (wymienniki podstawowe) będą zasilane parą z upustu turbiny typu WT-25, a trzeci o powierzchni ogrz. 500 m² (wymiennik szczytowy) będzie zasilany parą świeżą z kotłów przez reduktor 90/10 ata. W dużych elektrociepłowniach zasadniczy „blok” będą stanowiły: kocioł o wydajności 230 t/h pary, turbina typu WT-25 i 3 wymienniki.

Para z upustów turbin jest oddawana do wspólnego kolektora, po czym jest rozprowadzana do wymienników pod-



Rys. 2. Schemat ideowy nowej elektrociepłowni

stawowych. Para świeża jest również przekazywana przez reduktory na wspólny kolektor, a następnie wprowadzana do wymienników szczytowych. Wymienniki szczytowe będą pracowały przy temperaturach zewnętrznych niższych od -10°C , co stanowi ok. 1000 godz. rocznie. Największa moc nowych elektrociepłowni będzie wahać się w granicach od 200 do 225 MW.

Oprócz nowych elektrociepłowni ważną rolę, jako źródła ciepła, będą odgrywały istniejące miejskie elektrownie kondensacyjne. Elektrownie te są zazwyczaj położone blisko środka miasta, a więc w miejscu dogodnym z punktu widzenia ciepłownictwa.

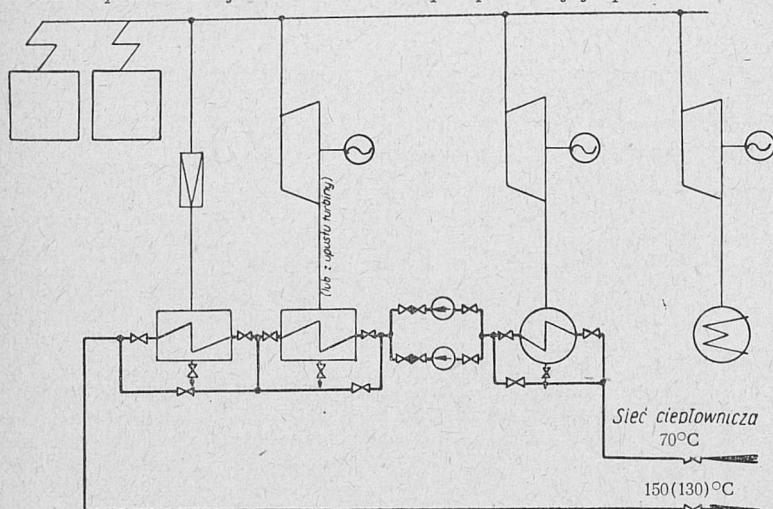
Poza tym elektrownie te są zbudowane przeważnie na średnie parametry i pracują — w porównaniu z dużymi wysokoprężnymi elektrowniami kondensacyjnymi — bardzo nieekonomicznie. Przystosowanie miejskich elektrowni kondensacyjnych do pracy w gospodarce skojarzonej pozwoli przy bardzo małych kosztach inwestycyjnych znacznie polepszyć ich sprawność oraz osiągnąć duże korzyści eksploatacyjne, które daje ciepłownictwo. Można zaryzykować twierdzenie, że przebudowa na elektrociepłownie omawianych elektrowni kondensacyjnych (zrealizowanych w ustroju kapitalistycznym w miejscach do tego nieodpowiednich — w obrębie miast) uzasadnia pozostawienie tego rodzaju siłowni w dalej sięgających planach.

Przystosowanie miejskich elektrowni kondensacyjnych do oddawania ciepła do celów grzejnych jest realizowane dwoma sposobami. Pierwszy polega na przeróbce części turbin na pracę z pogorszoną próżnią, drugi — na dostawieniu turbin upustowo-kondensacyjnych, przeważnie typu AT-12. Wybór jednego z rozwiązań zależy od warunków miejscowych, jak wielkość zapotrzebowania ciepła, typ urządzeń elektrowni, ich stan techniczny itp.

Typowy ideowy schemat ciepłowniczy starej elektrowni przy wykorzystaniu pracy turbin z pogorszoną próżnią podano na rys. 3. Podgrzew wody odbywa się tu w odróżnieniu od nowych elektrociepłowni trzostopniowo. Pierwszym stopniem jest skraplacz turbin, w którym woda podgrzewana jest zazwyczaj od 65 do 95°C. Drugi stopień podgrzewu (do ok. 120°C) daje turbina przeciwpężna lub turbina upustowa. W starych elektrowniach spotyka się często niewykorzystane upusty, przewidziane do poboru pary na cele uboczne, lub nie-

wykorzystane upusty regeneracyjne, które można wyzyskać do celów ciepłowniczych.

W elektrowniach pracujących na dwa różne ciśnienia przez turbinę przeciwną, ustawioną dla drugiego stopnia podgrzewu, przepuszcza się parę, którą następnie kieruje się na turbiny kondensacyjne pracujące na niższym ciśnieniu. Kotły niskiego ciśnienia pozostawia się wówczas na wymienniki szczytowe. W ten sposób zostaje zwiększona moc elektryczna danej elektrowni oraz polepszona jej sprawność.

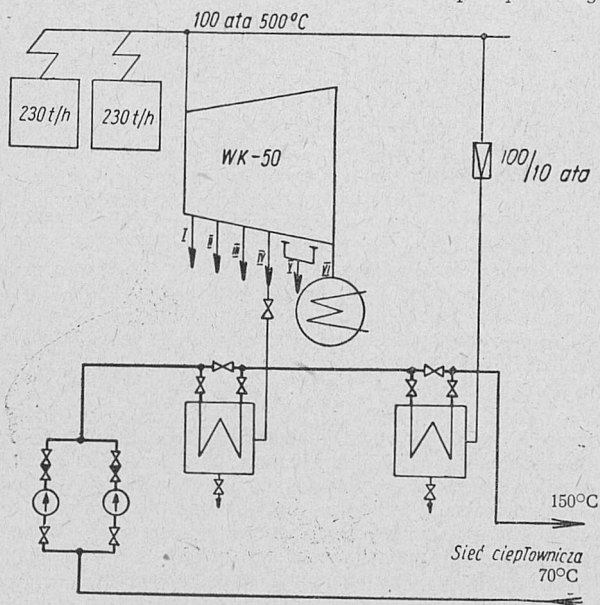


Rys. 3. Schemat ciepłowniczy starej elektrowni przy turbinach z pogorszoną próżnią

Trzeci stopień podgrzewu otrzymuje się w wymienniku szczytowym (do 150°C) za pomocą świeżej pary z kotłów.

W dużych wysokoprężnych elektrowniach kondensacyjnych, przy których usytuowane są nowe osiedla mieszkaniowe lub zakłady przemysłowe o stosunkowo niedużym zapotrzebowaniu ciepła, para do celów grzejnych pobierana jest z upustów regeneracyjnych. Pierwszy stopień podgrzewu stanowi wymienniki regeneracyjne, a drugi — wymienniki szczytowe zasilane świeżą parą. Ideowy schemat takiego rozwiązania podano na rys. 4.

Elektrociepłownie przemysłowe są budowane różnych typów — zależnie od charakteru i warunków pracy obsługiwanych



Rys. 4. Schemat członu ciepłowniczego elektrowni kondensacyjnej

nego przez nie przemysłu. Są to najczęściej elektrociepłownie średnioprężne, wyposażone w turbiny przeciwnie i upustowo-kondensacyjne z dwoma lub jednym upustem do celów technologicznych względnie ogrzewniczych.

Jako czynnik cieplny w sieciach przesyłających ciepło do ogrzewania, wentylacji i ciepłej wody stosuje się bez wyjątku wodę o parametrach 150°C na zasilaniu i 70°C na powrocie.

Ciepło do celów technologicznych przesyła się za pomocą czynnika cieplnego w postaci pary.

Woda jako czynnik cieplny w ostatnich czasach znalazła szerokie zastosowanie, gdyż jest najwygodniejsza i najtańsza w eksploatacji. Poza tym za pomocą sieci wodnych ciepło może być transportowane na duże odległości, gdy ekonomicznie zasięg sieci parowej na ogół nie przekracza 4 km.

Sieci parowe stosowane są w przypadku zasilania zakładów przemysłowych w ciepło do celów technologicznych.

Wybór pary jako czynnika cieplnego został tu spowodowany koniecznością, gdyż zakłady przemysłowe posiadają w ogromnej większości urządzenia i instalacje parowe. Zmiana czynnika cieplnego z pary na wodę spowodowałaby konieczność wymiany tych urządzeń.

Warunki techniczne rozwoju ciepłownictwa w dalej sięgających planach nie zostały jeszcze ustalone. Można przypuszczać, że w drugim planie 5-letnim (1961—1965) rozwój ciepłownictwa będzie postępował podobnie, jak przed 1960 r. Powstanie kilka nowych elektrociepłowni oraz rozbuduje się elektrociepłownię rozpoczęte w terminie wcześniejszym. Po 1965 r. rozwiązanie zagadnień ciepłownictwa może pójść wielu drogami, jak przyjęcie równoległej pracy elektrociepłowni, przejście na wyższe parametry (170 ÷ 180°C), budowa elektrociepłowni na paliwie miejscowym w odległości kilkudziesięciu kilometrów od miasta i zastosowanie innego systemu przylączania odbiorców.

W bliższych planach ciepłownictwo będzie oparte prawdopodobnie na turbinach 50-megawatowych. W obecnym czasie nie można przewidzieć, jakie będą stosowane rozwiązania ciepłownictwa w dalszej przyszłości, gdyż zależy to będzie od warunków miejscowych, od produkowanych urządzeń i od sytuacji ekonomicznej w kraju. Nie jest wykluczone również, że wprowadzenie energii atomowej zmieni dotychczasowe rozwiązania.

3. Zagadnienia ekonomiczne.

Wprowadzenie ciepłownictwa daje w skali ogólnokrajowej bardzo poważne oszczędności zarówno pod względem nakładów inwestycyjnych, jak i kosztów eksploatacyjnych. Poza tym ciepłownictwo polepsza warunki bytowe mieszkańców miast i osiedli przez wydane zmniejszenie zanieczyszczenia obszarów zamieszkałych i uwolnienie części ludności od męczącej pracy w kotłowniach indywidualnych i rejonowych. Zasadniczą zaletą ciepłownictwa jest znaczne obniżenie kosztów eksploatacji, ale rozpatrując ciepłownictwo z punktu widzenia gospodarki narodowej dochodzi się do wniosku, że zmniejsza ono również i nakłady inwestycyjne. Do porównania kosztów eksploatacyjnych i inwestycyjnych przy ciepłownictwie i gospodarce rozdzielonej przyjmijmy szereg założeń.

1) Koszty inwestycyjne i eksploatacyjne, występujące przy ciepłownictwie i gospodarce rozdzielonej, będą porównywane dla miasta o kubaturze 1 mln m³, co odpowiada zaludnieniu ok. 10 000 mieszkańców.

2) Przy ciepłownictwie buduje się elektrociepłownię wyposażoną w turbiny WT-25, a przy gospodarce rozdzielonej — wysokoprężną elektrownię kondensacyjną i typowe kotłownię rejonowe stosowane przez ZOR (typu 8K/280).

3) Elektrociepłownia oddalona jest od odbiorców energii cieplnej o 4 km. Elektrownia kondensacyjna przesyła energię elektryczną do danego rejonu z odległości 250 km.

Oczywiście, przytoczone poniżej wskaźniki dotyczą warunków średnich i są tylko orientacyjne. Dają one jednak pogląd o opłacalności ciepłownictwa. Wszystkie wskaźniki techniczno-ekonomiczne zaczerpnięto z opracowań koncepcyjnych w dziedzinie ciepłownictwa, wykonanych przez dział projektowania sieci ciepłowniczych Warszawskiego Biura Projektów Energetycznych.

W tabl. I zestawiono nakłady inwestycyjne na ciepłownictwo i gospodarkę rozdzieloną, uwzględniając wszystkie zasadnicze bezpośrednie i pośrednie koszty w ramach gospodarki narodowej.

W tabl. II zestawiono koszty i inne dane eksploatacyjne dla obydwu rodzajów gospodarki. Do najważniejszych zysków eksploatacyjnych, które będą osiągnięte po wprowadzeniu ciepłownictwa w stosunku do gospodarki rozdzielonej, należy zaliczyć:

1) Oszczędność na węglu dochodząca do 40%, przy czym spalać się będzie paliwo o niższych sortymentach; roczna pra-

Tablica I. Porównanie nakładów inwestycyjnych na ciepłownictwo i gospodarkę rozdzieloną

Wyszczególnienie kosztów (dla zaopatrzenia w energię ciepłą i elektryczną 10 000 mieszk.)	Ciepłownictwo (tys. zł)	Gospodarka rozdzielona (tys. zł)
Koszty bezpośrednie		
Elektrociepłownia	18 000	—
Elektrownia kondensacyjna	—	11 000
Kotłownie rejonowe	—	4 800
Sieć ciepła	6 000	3 000
Linia przesyłowa na 220 kV	—	4 000
Razem (zł)	24 000	22 800
(%)	100	95
Koszty pośrednie		
Nakłady w górnictwie	8 400	10 500
Budownictwo mieszkalne i socjalne dla personelu obsługującego	1 800	6 400
Transport samochodowy i kolejowy paliwa	1 200	1 500
Razem (zł)	11 400	18 400
(%)	100	161
Ogółem (zł)	35 400	41 200
(%)	100	116

ca przy pełnym obciążeniu jednej turbiny typu WT-25 powoduje oszczędność węgla umownego w ilości ok. 35 000 t.

2) Oszczędność na kosztach personelu eksploatacyjnego polegająca na zmniejszeniu obsługi urządzeń energetyczno-ciepłowniczych o ~ 65%.

3) Uniknięcie transportu samochodowego węgla i żużla niezbędnego przy kotłowniach centralnego ogrzewania.

4) Polepszenie warunków kulturalno-bytowych ludności.

Jak wynika z przytoczonych danych, zyski przy stosowaniu ciepłownictwa są b. duże, choć w tabl. I i II przyjęto dla ciepłownictwa warunki raczej mniej korzystne niż rzeczywiste. Koszt paliwa np. obliczono zgodnie z cennikiem w ten sposób, że cenę węgla spalane w elektrowniach przyjęto w wysokości 40 zł/t, natomiast w kotłowniach rejonowych 75 zł/t. Ceny te uwzględniają różnice w sortymencie i wartości opałowej paliwa, są jednak niższe od kosztów wydobycia węgla, gdyby więc przyjąć rzeczywistą cenę węgla, to zyski eksploatacyjne przy ciepłownictwie wzrosłyby jeszcze więcej.

Drugim ważnym momentem, który wpływa na dużą opłacalność ciepłownictwa, jest wysoki koszt sieci i kotłowni rejonowych, budowanych przez ZOR. Kotłownie te są drogie, pracują nieekonomicznie i wymagają dużo obsługi. Sieć ciepła jest z zasady budowana na mały spadek temperatur 90/70°C.

Tablica II. Porównanie kosztów eksploatacyjnych przy ciepłownictwie i gospodarce rozdzielonej

Wyszczególnienie kosztów i wartości podstawowych eksploatacji	Ciepłownictwo	Gospodarka rozdzielona
Paliwo (t)	11 000	18 000
(tys. zł)	615	1 330
Robocizna (liczba zatrudn.)	7	25
(tys. zł)	150	530
Energia elektryczna na potrzeby własne (kWh)	2 100	1 800
(tys. zł)	89	83
Transport samochodowy paliwa i żużla (kursów samochodami po 3,5 t)	—	3 200
(tys. zł)	—	166
Straty ciepła (Gcal)	1 900	1 500
(tys. zł)	60	110
Amortyzacja i remonty (od kosztów bezpośrednich) (tys. zł)	1 700	1 600
Razem (zł)	2 614	3 819
(%)	100	145

Kotłownie i sieci rejonowe są zawsze znacznie droższe od sieci ciepłowniczej (w dużych miastach) nawet przy uwzględnieniu dużych odległości odbiorców od elektrociepłowni (10 km i więcej).

Zasadniczym obciążeniem ciepłownictwa jest większy koszt elektrociepłowni w stosunku do elektrowni kondensacyjnych. Elektrociepłownia bowiem ma blisko dwukrotnie większą kotłownię niż elektrownia kondensacyjna i droższe turbiny. Dodatkowe kotły wysokoprężne w elektrociepłowni, ustawiane tylko dla wymienników szczytowych, pracują w ciągu zimy bardzo krótko, średnio ok. 500 godz. Należałoby zatem postarać się chociaż o częściowe ich wyzyskanie, a tym samym o obniżenie kosztów elektrociepłowni. Wydaje się, że na obecnym etapie byłoby celowe dostawienie dodatkowych turbin upustowo-kondensacyjnych o ciśnieniu upustu (ok. 10 at) wymaganych przez wymienniki szczytowe. Rozwiązanie takie pozwoliłoby bardzo niewielkim nakładem otrzymać dodatkową moc elektryczną tak potrzebną obecnie. Zagadnienie to powinno być jednak przeanalizowane wszechstronnie z ekonomicznego i eksploatacyjnego punktu widzenia.

Zmniejszenie dodatkowych kosztów elektrociepłowni nastąpi również przez zastosowanie turbin ciepłowniczych o mocy 50 MW. ZSRR przystąpił obecnie do produkcji takich turbin.

Przy tworzeniu elektrociepłowni z istniejących elektrowni kondensacyjnych zyski są b. duże, gdyż odpadają w zasadzie koszty elektrociepłowni. Zmniejszenie zysków eksploatacyjnych w tym przypadku z powodu pracy na średnich parametrach nie ma większego wpływu na opłacalność ciepłownictwa. Zyski eksploatacyjne na skutek niskich kosztów inwestycyjnych mogą nawet ulec zwiększeniu.

Właściwe pojęcie o ekonomiczności ciepłownictwa w ramach gospodarki ogólnonarodowej można wyrobić sobie jedynie wówczas, gdy zna się rzeczywistą wartość węgla, stali oraz innych materiałów i urządzeń, a nie ich cenę w kraju.

Koszt 1 Gcal wyprodukowanej w nowej elektrociepłowni wyniesie ok. 28 zł, a koszt 1 kWh ok. 6,5 gr. Koszt 1 Gcal wyprodukowanej w kotłowniach rejonowych wynosi ok. 74 zł.

4. Projektowanie.

Projektowanie sieci ciepłowniczych jest zagadnieniem technicznym, ekonomicznym i metodycznym. Z dotychczasowych doświadczeń WBPE wynika, że nie udaje się zastosować szablonu do całości zagadnienia, a rzadko i z trudem udaje się to do poszczególnych części. Ten indywidualizm zagadnienia wynika z powiązania i uzależnienia tematu od zmiennych w czasie elementów pozaresortowych, jakim jest urbanistyka. Nie chodzi tylko o to, że niektóre projekty wykonuje się na podstawie niezatwierdzonych planów rozwoju miast, bo to są przypadki coraz rzadsze. Chodzi przede wszystkim o to, że plany te, których realizacja rozłożona jest na 15 ÷ 20 lat, nie dają realnego obrazu przyszłości. I tu występuje pewne ryzyko, że zarówno przyjęte obecnie koncepcje sieci, jak i sieć już zrealizowana, mogą okazać się po latach niezupełnie dobrze przystosowane do przyszłych rzeczywistych warunków, a więc nie będą w przyszłości rozwiązaniem najkorzystniejszym. Wydaje się, że na to nie ma jednak rady. Operujemy jedynie zaleceniami. Staramy się odgadywać, jakie mogą być odchylenia realizacji od planów urbanistycznych, i próbujemy uelastycznić koncepcję sieci, ale to nie jest zadanie łatwe z uwagi na dużą sztywność sieci ciepłowniczej.

Jeżeli cechy powyższe stwarzają pewne trudności już przy sieciach ogrzewniczych, to przy sieciach technologicznych często stawiają pod znakiem zapytania realność ich projektowania, a tym samym celowość etapowej ich realizacji. W sieciach ogrzewniczych mamy dwie zmienne niezależne — ilość ciepła i trasę, w sieciach technologicznych — poza ilością ciepła i trasą — również parametry. Przy opracowywaniu więc koncepcji sieci ciepłowniczych nie wystarczy przyjąć rozwiązania poprawnego technicznie, nie wystarczy spośród szeregu wariantów wybrać najkorzystniejszy gospodarczo, uwzględniający koszty inwestycyjne, eksploatacyjne, stopień deficytowości poszczególnych materiałów, zagadnienia importowe itp. Należy uwzględnić jeszcze trzeci z kolei czynnik, który nazwano wyżej metodycznym. Wymaga on opanowania przez projektodawcę szczególnych cech, wchodzących raczej w zakres pojęć teorii prawdopodobieństwa, gdyż cyfrowe ujęcie tych zagadnień nie jest możliwe. Pozostaje więc droga intuicyjna, na którą tak niechętnie wkraczają technicy. Wobec tego może być inne wyjście z sytuacji. Może udałoby się pro-

jektować ośrodki miejskie i przemysłowe w ten sposób, żeby realizacja ich nie odbiegała od planów. Na to pytanie musieliby odpowiedzieć przede wszystkim urbaniści. Wydaje się jednak, że jest to zadanie niewykonalne, albo prawie niewykonalne, wobec czego droga, którą obrała myśl koncepcyjna WBPŁ w dziedzinie sieci ciepłowniczych, będzie jeszcze co najmniej przez szereg lat słuszną.

Można zadać pytanie, dlaczego mowa jest tylko o nowym budownictwie mieszkalnym i przemysłowym, czy istniejące nie zasługuje na uciepłownienie; wszak tu pozbylibyśmy się kłopotu i sprawa byłaby prostsza. Nowe budownictwo mieszkaniowe więcej pociąga do uciepłownienia niż stare, stare bowiem jest w większości przypadków wyposażone w ogrzewanie piecowe. Przeróbka tego ogrzewania na centralne jest kosztowna i kłopotliwa, gdyż budynki są zamieszkałe. W nowym budownictwie mieszkaniowym realizujemy bez trudu ogrzewanie centralne nawet w przypadkach, gdy realizacja ciepłownictwa jest odległa w czasie. Dlatego mimo pierwsiatka nieokreśloności do uciepłownienia wybieramy nowe budownictwo mieszkaniowe.

A jak jest z przemysłem? Wręcz odwrotnie. Ciepłownictwo realizujemy w zasadzie dla istniejącego przemysłu. Robimy tak dlatego, że z jednej strony nieokreśloność w projektowanym przemyśle jest bez porównania szersza niż w budownictwie mieszkaniowym, a z drugiej strony zagadnienia techniczne przyłączenia istniejącego przemysłu są o wiele prostsze niż w starym budownictwie mieszkaniowym. W zakładach przemysłowych, jeżeli one zużywają ciepło do celów technologicznych, muszą być wewnętrzne instalacje przemysłowe i odbiorniki technologiczne, a więc zagadnienie przeróbek raczej odpada. W ten sposób dochodzimy do tezy: przy realizacji ciepłownictwa brać w zasadzie pod uwagę nowe budownictwo nieprzemysłowe i istniejące budownictwo przemysłowe.

Dalszym zagadnieniem jest skoordynowanie w czasie — źródła ciepła (elektrociepłowni) i odbiorców. W przypadku odbiorców technologicznych sprawa jest prosta. Odbiorcy w zasadzie istnieją i źródło należy realizować możliwie szybko. Sprawa bardziej się komplikuje przy uciepłownieniu nowego budownictwa nieprzemysłowego. Realizacja planów urbanistycznych przewidziana jest w okresach 15 — 20-letnich, natomiast elektrociepłownię buduje się w ciągu 5 — 7 lat.

Tu możliwe są dwa warianty. Pierwszy przewiduje realizację elektrociepłowni na początku, drugi na końcu okresu realizacji zadań urbanistycznych.

W pierwszym wariantcie unikamy budowy kotłowni indywidualnych i rejonowych, od pierwszej chwili realizujemy gospodarkę skojarzoną, choć ilościowo narasta ona stopniowo. Jego wadą jest produkcja energii elektrycznej — poza gospodarką skojarzoną — z pogorszoną sprawnością w stosunku do turbin kondensacyjnych w zakresie większym, niż to przewidywa maksymalnie obciążona pod względem ciepłym elektrociepłownia. Dochodzi tu jeszcze pewne ryzyko, poruszone wyżej, które dla elektrociepłowni jest mniej groźne niż dla sieci.

Przez proste odwrócenie cech wariantu pierwszego otrzymamy cechy wariantu drugiego. Z ekonomicznego punktu widzenia pierwszy wariant jest korzystniejszy. Nie zawsze jednak decydują względy gospodarcze odcinka i w realizacji spotyka się odchylenia.

W sprawie nośnika ciepła w sieci ciepłowniczej należy stwierdzić, że stosujemy wodę, gdzie tylko się da. W sieciach ogrzewniczych nie ma z tym trudności. Gorzej przedstawia się sprawa z sieciami technologicznymi. Ponieważ odbiorcami są istniejące zakłady przemysłowe, które posiadają z reguły „tradycyjne” sieci wewnętrzne i odbiorniki na parę, rezygnujemy z wody i sieć zewnętrzną budujemy również na parę. Tradycja pary jest tak silnie zakorzeniona w umysłach niektórych inżynierów, że WBPŁ ma często duże trudności w przekonaniu opornych o niewątpliwych zaletach wody w porównaniu z parą. W takich przypadkach jako wady sieci wodnych wymienia się: wysokie ciśnienia przy falistym terenie, niebezpieczeństwo zamarzania, duży wpływ wody w przypadku uszkodzeń w sieci.

Na powyższe zarzuty należy dać odpowiedź.

Ciśnienia robocze w sieci do 16 atn są w zupełności opalone i to na obecnym etapie rozwoju nam wystarcza; gdy stosujemy wysokiej jakości spawanie rur, niebezpieczeństwa

uszkodzeń praktycznie nie ma, a tym samym nie ma niebezpieczeństwa zamarzania sieci i znacznych wpływów wody. Woda jest ekonomiczniejsza od pary, daje bowiem oszczędności na paliwie.

W przypadku sieci ogrzewniczych różnice te są jaskrawsze niż w przypadku sieci technologicznych. Polegają one na tym, że w sieciach ogrzewniczych woda pozwala na zastosowanie centralnej regulacji poboru ciepła w samej elektrociepłowni, dzięki czemu unikamy przegrzewu pomieszczeń, a tym samym strat paliwa. Poza tym przy wodzie możemy stosować niższe ciśnienie upustu turbin ciepłowniczych, co również daje zysk na paliwie. Wreszcie przy parze tracimy przeciętnie 10% ciepła z powodu wydzielania się z kondensatu pary wtórnej.

Przypadek sieci technologicznych jest nieco korzystniejszy, gdyż odbiory technologiczne nie wymagają centralnej regulacji i nie bywa tam wypadków przegrzewu. Poza podanymi wadami należy jeszcze wymienić zagadnienie zwrotu skroplin, które przy kotłach wysokoprężnych (100 ata) ma specjalne znaczenie, oraz kłopotliwe uruchamianie sieci parowo-kondensacyjnej. Dla sieci technologiczno-ogrzewniczych są opracowane przez instytuty ZSRR bardzo ciekawe schematy sieci wodnych trzyrurowych. Niestety, u nas nie było dotąd sprzyjających warunków do ich zastosowania.

Specjalnego omówienia wymaga zagadnienie parametrów nośnika ciepła. Jest ono problemem więcej ekonomicznym niż technicznym. Teoretycznie dla wody operujemy następującymi zmiennymi: obliczeniową różnicą temperatur wody w magistrali zasilającej i powrotnej, kosztami pompowania wody, pojęciem ekonomicznego wyniku gospodarki skojarzonej, obliczeniową temperaturą zewnętrzną, temperaturą obliczeniową w magistrali powrotnej. Jak widzimy, zmiennych jest sześć. Praktycznie sprawę można znacznie uprościć. Zewnętrzną temperaturę obliczeniową można z niedużym błędem dla naszych warunków uważać za stałą.

Temperaturę obliczeniową w magistrali powrotnej można przyjąć za stałą; ekonomiczną słusznosc tego założenia potwierdza wieloletnia praktyka ogrzewnictwa. Również znormalizowane turbiny ciepłownicze w znacznym stopniu usztywniają pojęcie ekonomicznego wyniku gospodarki skojarzonej. Pozostały w ten sposób trzy zmienne, z których pierwszą, tj. obliczeniową różnicę temperatur, możemy uważać za zmienną niezależną; z jej wzrostem maleje koszt sieci i pompowania.

Wzrost zmiennej niezależnej powyżej określonej wartości wywołuje szybsze pogarszanie wyniku gospodarki skojarzonej i praktycznie dla turbin ciepłowniczych produkcji radzieckiej WT-25 najkorzystniejszą okazała się temperatura obliczeniowa 150/70⁰ do zasilania odbiorców miejskich nieprzemysłowych.

W sieciach parowych do celów technologicznych sprawa jest o wiele prostsza, ponieważ parametry sieci określają odbiorcy. Parametry pary w elektrociepłowni są określone charakterystyką techniczną turbin ciepłowniczych. Mamy do wyboru ciśnienia: 10^{+3}_{-2} , 18 ± 3 i 31 ata (produkcja radziecka).

Projektant dysponuje w ograniczonym zakresie możliwością wyboru liniowych spadków ciśnienia. Decyzja podejmowana jest dla każdego przypadku z osobna.

Zagadnienia hydrauliczne w sieciach wodnych są mało znane, gdyż poza ciepłownictwem na ogół w innych dziedzinach techniki nie występują. Dla ułatwienia można często posługiwać się pojęciami elektrotechniki prądów stałych, jeśli przyjąć, że ciśnieniu wody odpowiada potencjał elektryczny, pompie — prądnicą, oporowi hydraulicznemu — opór elektryczny. W pewnych przypadkach analogia ta zawodzi głównie dlatego, że opór hydrauliczny sieci zmienia się z przepływem. Analizę i właściwe ustawienie zjawisk hydraulicznych przeprowadza się w sposób przejrzysty przy pomocy wykresów piezometrycznych.

Zagadnienia hydrauliczne ściśle wiążą się z istotnymi elementami projektu sieci ciepłowniczej, między innymi z zagadnieniem sposobu przyłączania odbiorców do sieci. Sposobów takich jest szereg i wybór nie zawsze zależy od projektanta. Uwypuklając cechy najistotniejsze należy podać, że — gdzie tylko jest to możliwe — odbiory ogrzewania przyłączamy przez hydroelewatory lub bezpośrednio, odbiory wentylacyjne bezpośrednio, ciepłą wodę użytkową przez wymiennik w układzie szeregowym.

MGR INŻ. A. KEYHA

Typizacja pól 6-kilowoltowych rozdzielni elektrownianych

658.516:621.316.267.5(438)

Treść. Próba stypizowania 6-kilowoltowych rozdzielni elektrownianych z zastosowaniem aparatury rozdzielczej krajowej oraz wyłączników powietrznych typu CP i ekspansyjnych typu R624 i Z624 dla mocy zwarciovych 100 — 600 MVA.

Типизация полей 6 кв в распределительных устройствах электростанций. Опыт типизирования таких полей при применении аппаратуры отечественного производства и воздушных выключателей типа CP, а также экспансивных выключателей типа R624 и Z624 для мощности короткого замыкания 100—600 мва.

Standardising the types of 6-kV fields in switching stations. An attempt at standardising the types of 6-kV switching stations in electric plants, by adopting Polish-made switchgear and CP type air-blast, and R624 and Z624 type expansion circuit-breakers for 100—600 MVA short circuit power.

1. Wstęp.

W ramach ogólnego planu typizacji pól rozdzielczych wysokiego napięcia, przeprowadzanej przez Zarząd Biur Projektów Energetycznych, Stalinogrodzkie Biuro Projektów Siłowni Ciepłych ogólnie typizacji celek 6-kilowoltowych, odbiega znacznie użytą aparaturą, formą wykonania oraz zakresem stosowalności opracowanych pól od opracowania poprzedniego.

Projekt ten, aczkolwiek jest dalszym ciągiem rozpoczętej przez Elektroprojekt i Warszawskie Biuro Projektów Siłowni Ciepłych ogólnej typizacji celek 6-kilowoltowych, odbiega znacznie użytą aparaturą, formą wykonania oraz zakresem stosowalności opracowanych pól od opracowania poprzedniego.

Zasadniczą różnicą obu opracowań jest użyta aparatura rozdzielcza. Opracowanie WBPSC i Elektroprojektu obejmowało cztery typy celek^{*)}: typ A — celki przyścienne z odłącznikami mocy, typ B — celki wolnostojące z wyłącznikami olejowymi produkcji krajowej, typ C — celki przyścienne

z wyłącznikami olejowymi i małoolejowymi produkcji krajowej, typ D — celki przyścienne z wyłącznikami olejowymi produkcji krajowej. Moc zwarcia w celkach typu A, B i D nie może przekraczać 80 MVA, a dla typu celek C 200 MVA.

Typy te zaspokajają potrzeby małych i średnich rozdzielni przemysłowych i miejskich, natomiast nie odpowiadają wymaganiom stawianym rozdzielniom elektrownianym i dużym rozdzielniom przemysłowym. Opracowane przez SBPSC celki opierają się na zastosowaniu importowanych z CSR i NRD wyłączników powietrznych i ekspansyjnych oraz krajowych typu WPW — dla mocy zwarciovych 100, 200, 400 i 600 MVA.

2. Założenia przyjęte przy wykonaniu projektu.

a) Opracowane typy celek przeznaczone są w zasadzie dla rozdzielni elektrownianych, tj. rozdzielni potrzeb własnych oraz rozdzielni głównych; poza tym celki te mogą znaleźć zastosowanie również w większych i ważnych rozdzielniach przemysłowych o bardziej rozbudowanej automatyce i zwiększonych wymaganiach pewności ruchu.

b) Celki będą wykonane na moce zwarcia 100, 200, 400 i 600 MVA.

^{*)} Por. Z a r ę b s k i W. Typizacja celek rozdzielni 6-kilowoltowych (PE, 1954, z. 1, str. 27).

TABLICA I. Charakterystyka typowych celek 6-kilowoltowych

Typ celki	Napięcie ruchowe (kV)	Typ wyłącznika zainstalowanego w celce	Dopuszczona moc odłączalna (MVA)	Największy dopuszcz. prąd obciążenia znamionowego	Liczba układów szyn zbiorczych	Sposób ustawienia pola	Zakres zastosowania
R624/100/I (rys. 1)	10	R624a	100	400	1	przyścienny	małe rozdzielnie potrzeb własnych o napięciu ruchowym 10 kV
Z624/100/I	6	Z624a	100	400	1	„	małe rozdzielnie potrzeb własnych o napięciu ruchowym 6 kV
CP/100/I (rys. 2)	6	CP—104—10/400	100	400	1	„	„
R624/200/I	10	VEBV 10	200	600	1	„	rozdzielnie potrzeb własnych o napięciu ruchowym 10 kV, gdy moc zwarcia jest większa od 100 MVA
Z624/200/I (rys. 3)	6	Z624b	200	600	1	„	rozdzielnie potrzeb własnych o napięciu ruchowym 6 kV, gdy moc zwarcia jest większa od 100 MVA
CP/200/I (rys. 4)	6	CP—205—10/600	200	600	1	„	„
WPW/250/I (rys. 5)	6	WPW10/10/2,5	250	600	1	„	(dla mniej ważnych rozdzielni przemysł.)
WPW/250/II (rys. 6)	6	WPW/10/10/2,5	250	1000	2	wolnostojący	rozdzielnie główne elektrowni przemysłowych o napięciu 6 kV; rozdzielnie przemysłowe
R624/400/II (rys. 7)	6	VEC—10	400	1000	2	„	rozdzielnie główne elektrowni o napięciu ruchowym 6 kV (większe przemysłowe stacje rozdzielcze)
CP/400/II (rys. 8)	6	CP—405—10/600	400	1000	2	„	„
R624/600/II (rys. 9)	6 10	VEG—10	600	3000	2	„	rozdzielnie główne dużych elektrowni zawodowych na napięciu generatorowym 6 i 10 kV
CP/600/II (rys. 10)	6 10	CP—605—10/1000	600	1000	2	„	„

TABLICA II. Zestawienie danych znamionowych aparatury rozdzielczej oraz głównych wymiarów dla typowych celek 6-kilowoltowych

Poz.	Typ celki	Włączniki							Przekładniki miernikowe				Ciężar		Wymiary		Koszt jednej celki (zł)		
		Pro-duk-cja	Moc odłączal-na (MVA)	Prąd znamio-nowy (A)	Napięcie znamio-nowe (kV)	Cięśnie robocze powietrza (atn.)	Zapotrż. powietrza (l/cykl)	Napięcia sterownicze prądu stałego (V)	Pobór mocy prądu stałego (W)	Licz-ba rdze-ni (szt.)	Typ	Prze-kładnia min. (A/A)	Oczy-szanie (kg)	Cał-kowity (kg)	Obciążenie stropu (kg/m²)	Po-wierz-chnia celki (m²)		Ku-batu-ra (m³)	
1	R624/100/I	NRD	100	400	10	4,5	25	110 i 220	100 i 130	2	1	ITWZ	50/5	5,6	965	600	1,6	5,76	17 023
2	Z624/100/I	NRD	100	400	10	4,5	25	„	„	2	1	IT6WZ	50/5	5,3	900	750	1,2	4,20	14 795
3	CP/100/I	NRD	100	400	10	8	100	„	200	2	1	IT6WZ	50/5	6,5	800	800	1	3,20	10 324
4	R624/200/I	CSR	200	600	10	4,5	25	„	100 i 130	2	1	IT10WZ	75/5	7,2	1130	700	1,6	6,24	33 689
5	Z624/200/I	NRD	200	600	10	4,5	25	„	„	2	1	IT6WZ	75/5	5,7	1050	975	1,2	4,56	32 507
6	CP/200/I	CSR	200	600	10	12	120	„	320	2	1	IT6WZ	75/5	9,0	850	850	1	3,50	18 413
7	WPW/250/I	kraj	250	1000	6	8	250	110	—	2	1	IPK10b	50/5	23,5	1050	700	1,5	6,45	18 759
8	WPW/250/II	„	250	1000	6	8	250	110	—	2	1	IPK-10a	50/5	36,5	2500	1100	2,25	15,75	24 194
9	CP/400/II	CSR	400	1000	10	12	300	110 i 220	600	2	1	IPK-10a	50/5	54,5	2700	1200	2,25	15,75	37 000
10	R624/400/II	CSR	400	1000	10	4,5	25	„	200	2	1	IPK-10a	50/5	43,5	2800	1400	2,0	12,60	50 860
11	R624/600/II	CSR	600	1000	10	4,5	25	„	200	2	2	IP10b-2	750/5/5	75	3000	1200	2,5	16,50	56 916
12	R624/600/II	CSR	600	3000	10	4,5	40	„	200	3	2	IS10-2	3000/5/5	115	3620	1450	2,5	16,50	67 865
13	CP/600/II	CSR	600	1000	10	20	830	„	1200	2	2	IP10b-2	750/5/5	95	2800	1100	2,56	18,18	58 580

c) Największe obciążenie celki trwałym prądem uzależniono od prądu znamionowego wyłącznika: celki na 100 MVA mają dopuszczalne obciążenie prądowe 400 A, celki na 200 MVA — 600 A, celki na 400 MVA — 1000 i 2000 A, a celki na 600 MVA — 1000, 2000 i 3000 A.

d) W zależności od użytej aparatury wyłączeniowej i liczby układów szyn zbiorczych ustalono następujące oznaczenie typów celek: pierwsza cyfra oznacza typ wyłącznika, druga jego katalogową moc wyłączalną przy napięciu znamionowym, trzecia ilość układów szyn zbiorczych.

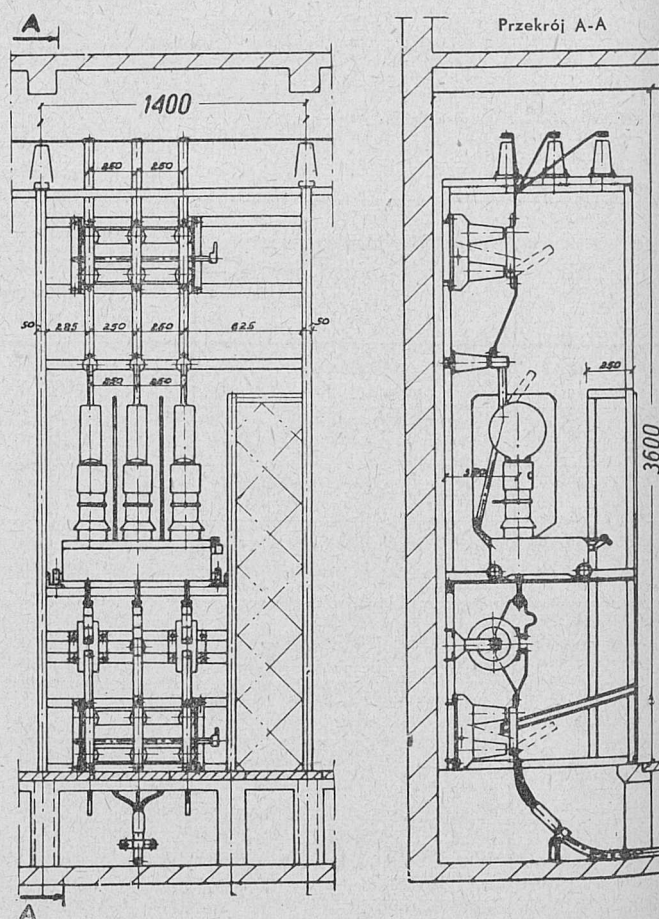
e) Na rysunkach szafek sterowniczych nie pokazano sposobu rozmieszczenia i umocowania aparatury pomiarowej i zabezpieczającej (poza pomiarami natężenia prądu i napięcia) ze względu na dużą różnorodność typów możliwych do zastosowania.

f) Każdy z opracowanych typów celek zawiera rysunki montażowe oraz konstrukcyjne pól dopływu i odpływu kablowego, sprzęgła (łącznika szyn) podłużnego i poprzecznego (dla celek z podwójnym układem szyn zbiorczych) oraz transformatora i pomiaru. Ponadto dla każdej celki opracowano rysunek konstrukcyjny drzwi siatkowych i blaszanych, a na osobnym arkuszu kompletne zestawienie aparatury i materiału oraz kosztorys.

3. Charakterystyka poszczególnych typów celek i ich przeznaczenie.

Opracowano dwanaście typów celek, których charakterystykę oraz zakres stosowności ujęto w tabl. I.

W razie konieczności zastosowania celek typu R624/100/I, (rys. 1), Z624/100/I, CP/100/I (rys. 2) dla rozdzielni o większej



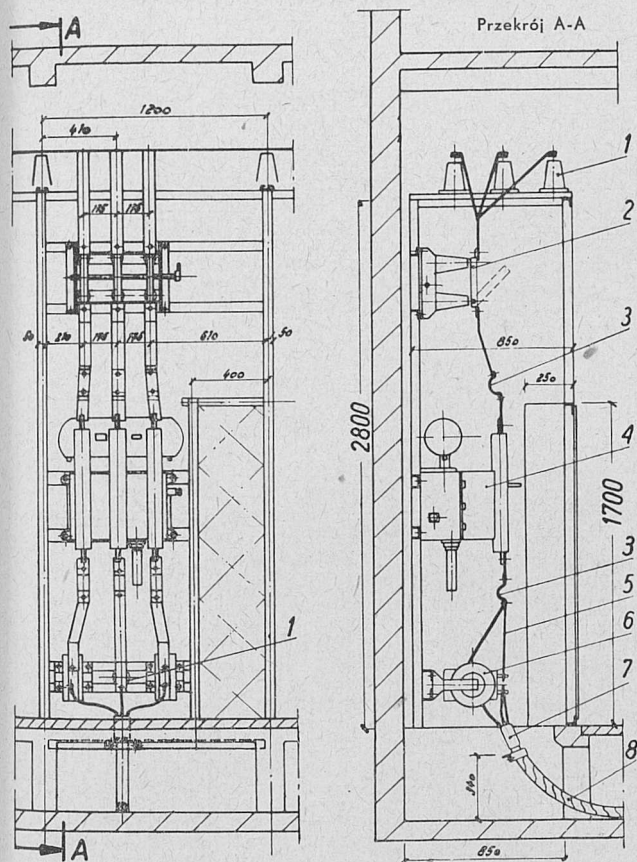
Rys. 1. Celka typu R624/100/I — pole dopływowe, 10 kV

liczbie pól w wypadku, gdy moc zwarcia równa jest 100 MVA, należy przewidzieć daszki ochronne (przystosowując górną część pola z celek typu R624/200/II, Z624/200/II (rys. 3), CP/200/II (rys. 4).

Celki typu WPW/250/I (rys. 5) mają — z uwagi na stosunkowo duże wymiary wyłącznika — większe gabaryty i wymagają przy tej samej liczbie pól większego pomieszczenia niż inne celki z jednym układem szyn zbiorczych. Okoliczność ta

częstokroć zmniejsza możliwość ich zastosowania jako rozdzielni potrzeb własnych, zwłaszcza w elektrowniach modernizowanych o ograniczonym pomieszczeniu.

W tabl. II zestawiono główne wymiary oraz dane znamionowe użytej aparatury dla poszczególnych typów celek; mogą one być pomocne projektantowi korzystającemu z poszczególnych celek typowych przy projektowaniu rozdzielni. Przedstawione w tablicach dane dotyczą (z wyjątkiem pozycji 12) celek odpływowych, jako podstawowych pól każdej rozdzielni. Dla przekładników prądowych typu IT6WZ i IT10WZ, których wytrzymałość termiczna i dynamiczna uzależniona jest od prądu znamionowego przekładnika, określono minimalną przekładnię, przy której przekładniki te mają dostateczną dla danych warunków pracy wytrzymałość zwarciovą. Przy określeniu kubatury celek nie uwzględniono głębokości

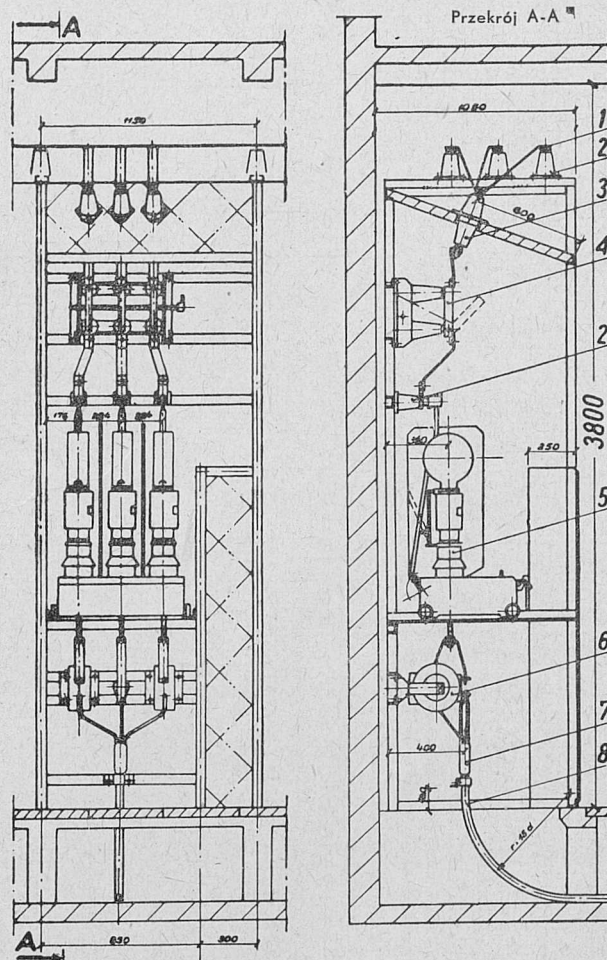


Rys. 2. Celka typu CP/100/I — pole odpływowe, 6 kV

- 1 — izolator wsporczy, 6 kV, rodzaj 0
- 2 — odłącznik 3-biegunowy, 6 kV, 400 A
- 3 — aluminiowe złącza elastyczne
- 4 — wyłącznik typu CP-104-10/400, 100 MVA, 10 kV, 400 A
- 5 — oszynowanie, 50×5 A1
- 6 — przekładnik prądowy, 6 kV, typ IT6WZ
- 7 — głowiczka kablowa ołowiana
- 8 — kabel

Pole transformatorowe przewidziano jako pole odejścia szynowego z 6-kilowoltowej rozdzielni potrzeb własnych do transformatora potrzeb własnych na 6/0,5 kV względnie 6/0,38 kV, ustawionego w specjalnej komorze obok rozdzielni. Pomiar i ochrona tego transformatora znajdować się będzie w szafce sterowniczej pola.

Celki typu R624/600/II (rys. 9) i CP/600/II (rys. 10) są przeznaczone dla dużych rozdzielni głównych. Pole zasilające tych typów celek potraktowano jako pole generatorowe. Przewidziano w nim po trzy przekładniki prądowe dwurdzeniowe oraz dwa przekładniki napięciowe w układzie V chronione



Rys. 3. Celka typu Z624/200/I — pole odpływowe, 6 kV

- 1 — szyny aluminiowe, 60×5
- 2 — izolator wsporczy, 6 kV, rodzaj A
- 3 — izolator wsporczy, 6 kV, rodzaj 0
- 4 — odłącznik 3-biegunowy, 6 kV, 600 A
- 5 — wyłącznik, typ Z624b, 200 MVA, 600 A, 10 kV
- 6 — przekładnik prądowy, 6 kV, typ IT6WZ
- 7 — głowiczka kablowa ołowiana
- 8 — kabel

kanału kablowego, natomiast uwzględniono kubaturę podpiwniczenia.

4. Aparatura i wykonanie.

Zarówno samo wykonanie, jak i dobór aparatury rozdzielczej dla poszczególnych typów celek, uzależniono od ich charakteru, przeznaczenia oraz sposobu zasilania.

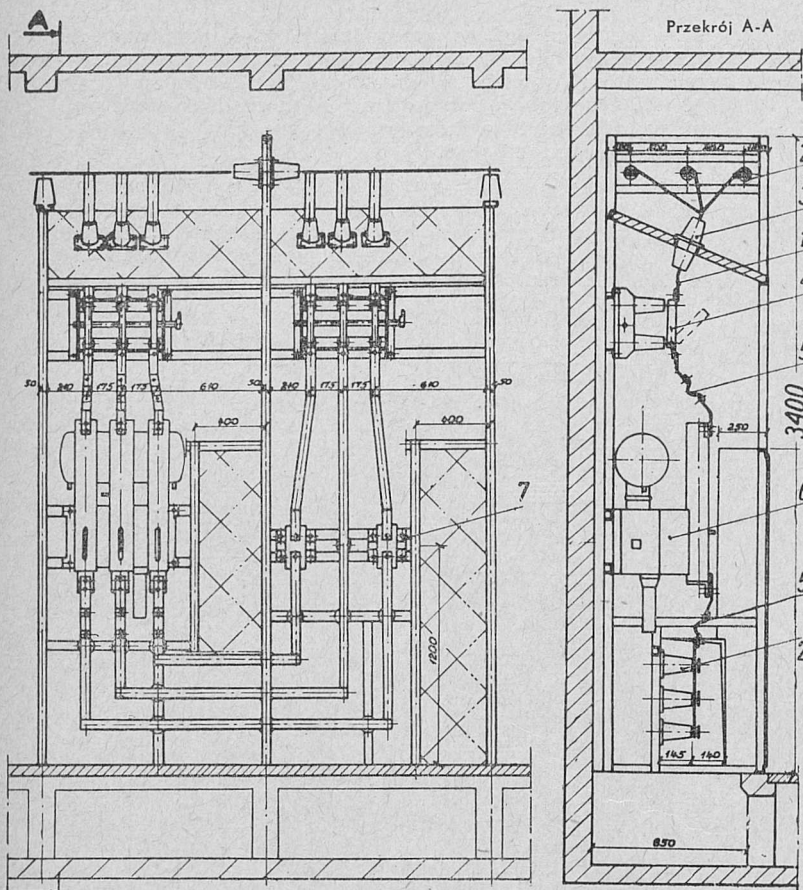
Założono, iż wszystkie typy celek jednokładowych przeznaczone są głównie dla rozdzielni potrzeb własnych. Pole zasilające potraktowano tu jako odpływ z rozdzielni głównej lub z transformatora sprężgowego (np. 110/6 kV), względnie z odczepu generatora. W związku z powyższym w polach tych nie przewidziano ochrony przekątnikowej, która powinna być umieszczona w odpowiednim polu rozdzielni głównej lub w nastawni. Pole odpływowe zaprojektowano jako pole zasilające silnik wysokiego napięcia; w szafce sterującej tej celki umieszczono przekładniki zabezpieczenia i przyrządy pomiarowe.

bezpiecznikami mocy. Połączenie celki z generatorem może być wykonane za pośrednictwem kabli lub szyn.

Pole odpływowe wykonano jako kablowe z możliwością umieszczenia aparatury zabezpieczającej, a częściowo i pomiarowej, w szafce sterowniczej pola.

Pole transformatorowe połączono z transformatorem za pośrednictwem szyn aluminiowych zamocowanych na izolatorach wsporczych rodzaju C. Również i w tym przypadku istnieje możliwość umieszczenia aparatury pomiarowej i zabezpieczającej w szafce sterowniczej pola. W polu pomiarowym przewidziano na każdym układzie szyn po 3 przekładniki napięciowe w układzie gwiazdowym, chronione od zwarć bezpiecznikami mocy.

Wszystkie typy celek wyposażono w aparaturę rozdzielczą produkcji krajowej, jedynie wyłączniki (poza wyłącznikami typu WPW) są importowane z NRD i ČSR. Dla wyłączników umieszczonych w celkach typu R624/100/I i Z624/100/I przewi-



Rys. 4

Rys. 4. Celka typu CP/200/I — pole łącznika szyn (sprzęgło podłużne)

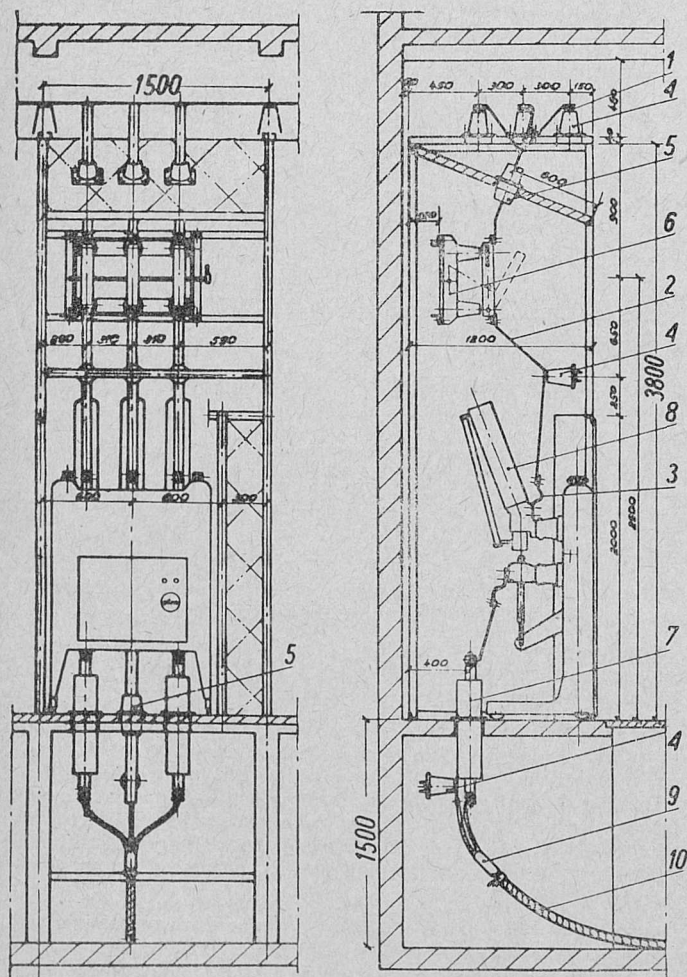
- 1 — oszynowanie, 60×5, Al
- 2 — izolatory wsporcze, 6 kV, rodzaj A
- 3 — izolatory przepustowe, 6 kV, rodzaj B
- 4 — odłącznik 3-biegunowy, 6 kV, 600 A
- 5 — aluminiowe złącze elastyczne
- 6 — wyłącznik, typ CP-205-10/600, 200 MVA, 600 A, 1 kV
- 7 — przekładnik prądowy, 6 kV, typ IT6WZ

Rys. 5. Celka typu WPW/250/I — pole odpiywow

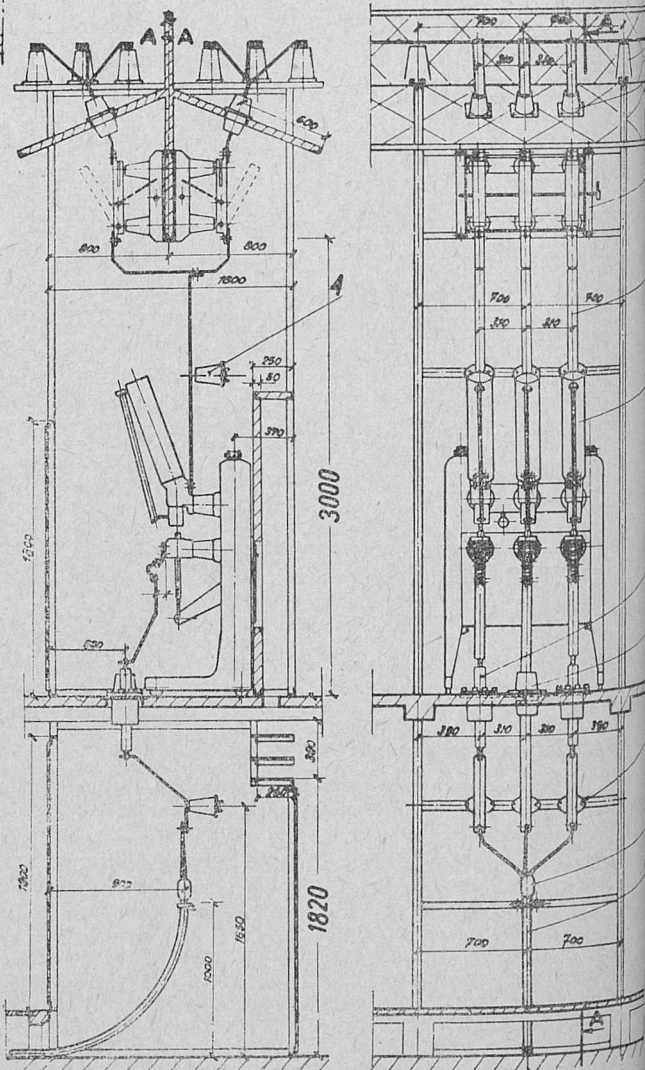
- 1 — szyna aluminiowa, 80×10
- 2 — oszynowanie pola, 60×5 Al
- 3 — aluminiowe złącza elastyczne
- 4 — izolator wsporczy, 6 kV, rodzaj B
- 5 — izolator przepustowy, 6 kV, rodzaj B
- 6 — odłącznik 3-biegunowy, 6 kV, 1000 A
- 7 — przekładnik prądowy, 6 kV, typ IPK-10 b
- 8 — wyłącznik typu WPW 10/10/2,5, 250 MVA, 1000 A, 6 kV
- 9 — głowiczka kablowa aluminiowa
- 10 — kabel

Rys. 6. Celka typu WPW/250/II — pole odpiywow 6 kV

- 1 — wyłącznik typu WPW/10/10/2,5, 250 MVA, 1000 A, 6 kV
- 2 — odłącznik 3-biegunowy, 6 kV, 1000 A
- 3 — izolator przepustowy, 6 kV, rodzaj B
- 4 — izolator wsporczy, 6 kV, rodzaj B
- 5 — przekładnik prądowy, 6 kV, typ IPK-10 b
- 6 — oszynowanie, 60×5 Al
- 7 — głowiczka kablowa ołowiana
- 8 — kabel



Rys. 5



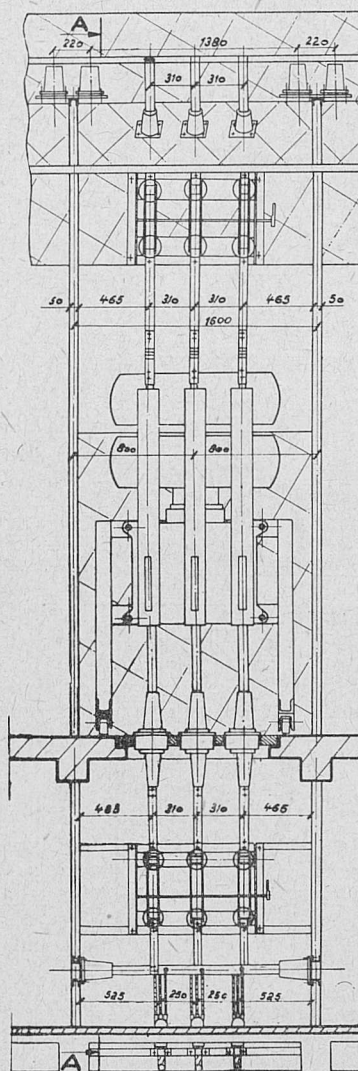
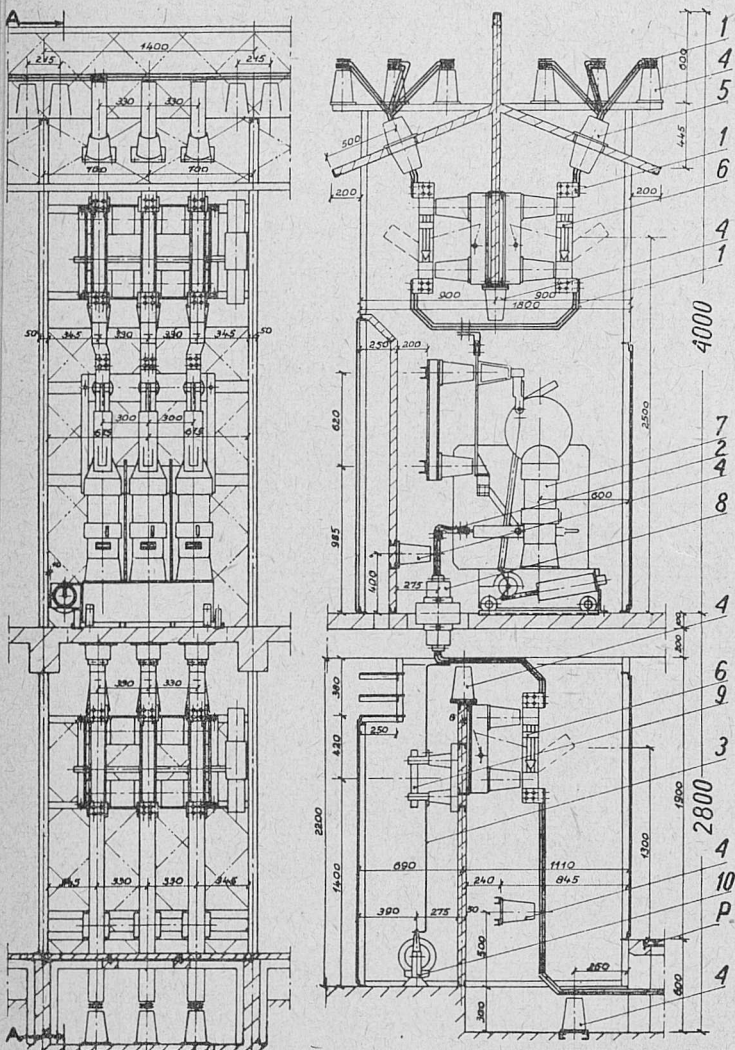
Rys. 6

Konstrukcja stalowa poszczególnych celek będzie wykonana ze stali profilowej (głównie ceowników i kątowników), całość konstrukcji będzie spawana. Ścianki działowe poszczególnych celek, jak również i daszki chroniące od łuku, będą

korzystania z katalogu i podaje uwagi o zastosowanych aparatach i rozwiązaniach. Część ta obejmuje w skrócie również sprawę wyboru celek. Na podstawie katalogu projektant wybiera typ celek i potrzebne dla projektowanej rozdzielni

Przekrój A-A

Przekrój A-A



Rys. 9. Celka typu R624/600/II — 3000 A — pole dopływowe, 6 kV

- 1 — oszynowanie, $3 \times 100 \times 10$ Al
- 2 — aluminiowe połączenie elastyczne
- 3 — szyna aluminiowa, 30×3
- 4 — izolator wsporczy, 10 kV, rodzaj C
- 5 — izolator przepustowy, 10 kV, rodzaj C
- 6 — odłącznik 3-biegunowy, 10 kV, 3000 A
- 7 — wyłącznik typu VEG-10, 600 MVA, 3000 A, 10 kV
- 8 — przekładnik prądowy, typ IS10-2
- 9 — bezpiecznik, 10 kV (wielkiej mocy wyłączalnej)
- 10 — przekładnik napięciowy, 6000/100 V (ew. 10000/100 V)

Rys. 10. Celka typu CP/600/II — 1000 A — pole dopływowe, 6 kV

- 1 — szyna, $3 \times 100 \times 10$ Al
- 2 — izolator wsporczy, 10 kV, rodzaj C
- 3 — izolator przepustowy, 6 kV, rodzaj B
- 4 — odłącznik 3-biegunowy, 6 kV, 1000 A
- 5 — oszynowanie, $2 \times 60 \times 10$ Al
- 6 — aluminiowe połączenie elastyczne
- 7 — wyłącznik typu CP 605-10/1000, 600 MVA, 1000 A, 10 kV
- 8 — napęd odłącznika
- 9 — przekładnik prądowy typu IP10b-2
- 10 — bezpieczniki wielkiej mocy wyłączalnej, 10 kV
- 11 — przekładnik napięciowy 6000/100 V (ewent. 10000/100 V)
- 12 — głowice kablowe ołowiane
- 13 — kabel aluminiowy

wykonane z płyt suprema grubości 35 mm, wykładanych z prawą gipsową. Wszystkie zastosowane profile, jak również i przewidziane rodzaje śrub, odpowiadają asortymentom produkowanym obecnie w kraju oraz obowiązującym normom.

5. Sposób korzystania z opracowania.

Opracowując typowe celki 6-kilowoltowe przyjęto zasadę, iż projekt powinien być tak przygotowany, żeby korzystający z niego projektant mógł zastosować go w jak największej liczbie przypadków przy jak najmniejszym nakładzie pracy adaptacyjnej. Zwrócono także uwagę na to, aby opracowana dokumentacja oprócz przejrzystości miała dla użytkownika-wykonawcy jak najdogodniejszą formę. Typowe celki 6-kilowoltowe ujęto w formę katalogu, który oprócz części opisowej zawiera również szkice poszczególnych typów pól. Część opisowa zaznajamia z przedmiotem opracowania oraz sposobem

ni pole. Dla każdej celki opracowano rysunek montażowy pola w skali 1:20 lub 1:25, rysunek konstrukcji żelaznej celki w skali 1:10 oraz rysunek konstrukcyjny drzwi pola w skali 1:10. Ponadto dla każdej celki opracowano szczegółowe zestawienie aparatów i materiałów oraz kosztorys.

Projektant, otrzymawszy odbitki wybranych przez siebie rysunków oraz zestawień, wnosi na odbitkach ewentualne zmiany i uzupełnienia. W zestawieniach materiału przewidziano dla niektórych elementów (np. przekładniki prądowe), których dobór uzależniono od wielkości prądu roboczego, wolne miejsce na wpisanie ewentualnych danych znamionowych.

Uzupełnione odbitki załącza się do konkretnego projektu rozdzielni, który należy uzupełnić odpowiednim rysunkiem budowlanym, podającym dokładne rozmieszczenie poszczególnych pól, szerokość korytarzy i wejść, usytuowanie kanałów kablowych itp.

INŻ. WIKTOR STEUERMARK

Projektowanie organizacji budowy siłowni ciepłych

(083.9):662.9.002

Treść. Opracowanie dokumentacji technicznej organizacji budowy. Zastosowanie dwuetapowości w projektowaniu. Plan zagospodarowania placu budowy, rozmieszczenie działów budowlanego i montażowego. Typizacja budownictwa prowizorycznego, wyposażenie w sprzęt i maszyny oraz transport na budowie. Kadry robocze i harmonogramy zatrudnienia.

Проектирование организации работ по постройке тепловых электростанций. Составление технической документации работ. Принцип двухступенного проектирования. План использования строительной площадки; размещение строительной и монтажной частей. Типизация временных построек; их оборудование и транспортные средства. Кадры рабочих и график трудоустройства.

Organisation planning in building steam-electric power plants. Compilation of technical documentation for the building scheme. Two-stage system of designing. Building site management, location of building and assembly plant and equipment sections. Standardised types of provisional buildings; contractor's plants and equipment; haulage machinery on building sites. Work gangs and employment harmonogramme.

1. Dokumentacja techniczna organizacji budowy.

Stały rozwój budownictwa energetycznego oraz przejście od etapu odbudowy zniszczonych wojną zakładów energetycznych do budowy nowych obiektów nakłada na krajowe biura projektów energetycznych trudny obowiązek wykonania dokumentacji technicznej organizacji budowy, jako jednej z części podstawowych każdego projektu siłowni.

Dokumentacja techniczna dla siłowni, otrzymywana z krajów demokracji ludowej, a przede wszystkim z ZSRR, nie zwalnia krajowych biur projektów energetycznych od wykonywania dokumentacji dla organizacji budowy, gdyż podstawowy czynnik realności dla tej części dokumentacji, tkwiący w znajomości miejscowych warunków i możliwości wykonawców, jest jedynie możliwy do uchwycenia przez własnych projektantów. Z tego względu — dla właściwego skoordynowania i dostosowania robót do miejscowych warunków materiałowych oraz zaopatrzenia budowy w sprzęt — dokumentację organizacji budowy dla projektów siłowni, wykonywanych przez obce biura zagraniczne, wykonują krajowe biura projektów energetycznych. Trzeba porównać budownictwo energetyczne sprzed 1939 r. w naszym kraju z zadaniami, wykonywanymi w obecnym okresie i planowanymi w najbliższej przyszłości, żeby sobie uzmysłwić wielkość zadań stojących przed naszymi biurami projektowymi w zakresie opracowania dokumentacji organizacji budowy.

Dotychczasowe trzy etapy w dokumentacji organizacji budowy — projekt wstępny, projekt techniczny, projekt roboczy — miały tę zaletę, że odpowiadały układowi projektu całej dokumentacji obiektu, a tym samym fazy dokumentacji organizacji budowy opierały się na opracowaniach poszczególnych faz projektu. Jednak zaletę tę można w pełni wykorzystać tylko w przypadku wcześniejszego wykonania wszystkich trzech faz projektu — zarówno technologicznego, jak i budowlanego — i na podstawie tej dokumentacji wykonać projekt organizacji budowy. Projekt podstawowy obiektu musi być wykonany w czasie umożliwiającym opracowanie dokumentacji organizacji budowy i przekazanie jej wykonawcom w terminach, które pozwolą im na należyte zapoznanie się z dokumentacją i przygotowanie się do budowy.

Coraz szybszy wzrost zapotrzebowania energii elektrycznej, pociągający za sobą konieczność szybkiej budowy obiektów, wymaga skrócenia okresu projektowania, a więc wymaga równoległego wykonywania całości dokumentacji łącznie z organizacją budowy. Możliwe to jest na etapie projektu wstępnego, natomiast wykonywanie dokumentacji organizacji budowy równoległe z projektem technicznym i roboczym nie daje dodatnich wyników zwłaszcza dlatego, że projekt roboczy wykonuje organizacja wykonawcza, która musi mieć na opracowanie dokumentacji czas znacznie dłuższy niż biuro projektowe.

Warszawskie Biuro Projektów Energetycznych opracowało — na podstawie praktyki budowy zakładów energetycznych na terenie całego kraju — zakres i sposób wykonania dokumentacji organizacji budowy dla siłowni ciepłych w dwóch etapach. Pierwszy etap, jako projekt wstępny rozszerzony, wykonywany jest przez biura projektowe po zakończeniu projektu wstępnego obiektu. Drugi etap, jako projekt techniczny-roboczy, wykonywany jest przez bezpośrednich wykonawców budowlanych i montażowych po wykonaniu projektu technicznego i w okresie otrzymywania rysunków roboczych dla poszczególnych obiektów budowy. Punkt widzenia WBPE znalazł uznanie u władz zwierzchnich i — na podstawie decyzji GKOPi — obecnie projekty organizacji budowy dla siłowni ciepłych są wykonywane dla wszystkich nowych inwestycji w dwóch etapach.

Zakresy tych faz projektów są uzgodnione pomiędzy zainteresowanymi resortami, jak np. Ministerstwem Energetyki

i Ministerstwem Budownictwa Przemysłowego. Z korzyści, które osiągnięto z zastosowania takiego układu, należy przede wszystkim wymienić: 1) oszczędność dzięki skomasywowaniu trzech faz projektu do dwóch i zredukowaniu projektu wstępnego tylko do zagadnień koncepcyjnych, 2) przyspieszenie wykonania dokumentacji przez biuro projektowe, które ma do opracowania tylko jeden projekt; 3) większą realność w wykonaniu części dokumentacji na etapie projektu technicznego przez wykonawców, jak np. harmonogramów dostaw, budowy, pracy sprzętu i robocizny.

Zastosowanie projektu wstępnego — rozszerzonego — organizacji budowy na przykładzie dwóch kluczowych budów energetyki, jak elektrownia konińska i elektrociepłownia łódzka, dało wyniki dodatnie i pozwoliło na wcześniejsze rozpoczęcie robót.

Przeprowadzenie korekty w dokumentacji organizacji budowy stało się możliwe również z tego względu, że istniejący system scentralizowanego planowania i kierowania budownictwem energetycznym w kraju umożliwia uzyskanie we właściwym czasie danych co do zaopatrzenia przyszłych budów w kadry robocze, sprzęt, maszyny i materiały.

Jednocześnie scentralizowane dysponowanie wysokokwalifikowanymi kadrami, gospodarka sprzętem, maszynami oraz racjonalny rozdział materiałów pozwalają już obecnie na zastosowanie powtarzalności w części dokumentacji organizacji budowy.

Przechodząc do omówienia zasadniczych zagadnień, które wyłoniły się przy projektowaniu organizacji budowy i bezpośrednim wykonawstwie, należałoby ogólnie stwierdzić, że stały wzrost mocy instalowanych jednostek i podwyższenie parametrów, jak również różnorodność budujących się zakładów, wymagają coraz bardziej wnikliwego i dokładnego opracowania omawianej części dokumentacji technicznej.

Jako pierwsze zagadnienie wymagające dokładnego i wszechstronnego opracowania należy wymienić część dokumentacji dla prac wstępnych i przygotowawczych organizacji placu budowy.

Właściwe rozwiązanie robót przygotowawczych i pomocniczych, uzbrojenia terenu budowy, sieci dróg kołowych i bocznic kolejowych, jak również warunków socjalnych dla załogi, stanowi nieodzowny warunek należytego i terminowego wykonania obiektu.

2. Plan zagospodarowania placu budowy.

Budowa dużych zakładów energetycznych (powyżej 100 MW) wymaga prowadzenia robót jednocześnie przez kilka przedsiębiorstw różnych specjalności, stanowiących odrębne jednostki administracyjne, które zatrudniają na budowie ponad 1500 osób załogi w okresach rozwinięcia szerokiego frontu robót. Jak wykazała praktyka, w takich warunkach właściwsze jest terytorialne rozgraniczenie poszczególnych działów przedsiębiorstw.

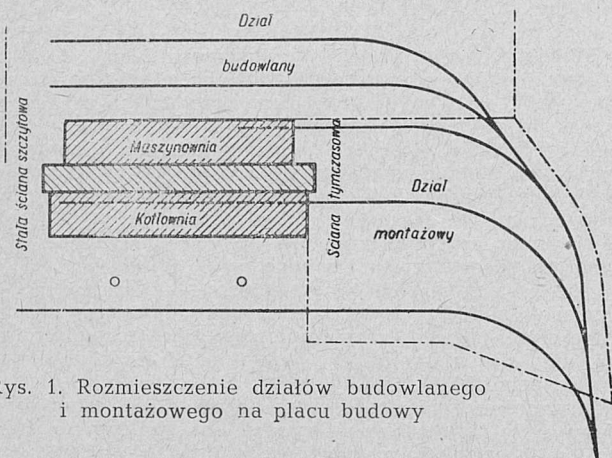
Z powyższych względów w projektach organizacji budowy dąży się do rozgraniczenia przede wszystkim działów budowlanego i montażowego, z jednoczesnym rozgraniczeniem, jeżeli na to pozwalają warunki terenowe, również poddziałów poszczególnych grup robót, jak np. „Energomontażu” od „Elektrobudowy” lub podstawowego działu budowlanego od poddziałów instalacyjnych. Daje to bardzo dobre wyniki dla gospodarki materiałowej i podnosi sprawność prowadzenia robót, jak również wpływa w dużym stopniu na terminowość ich wykonania. Tego rodzaju rozplanowanie działów wymaga jednak odpowiedniej sieci dróg do transportu poziomego.

Przy racjonalnie dobranym kształcie i powierzchni placu budowy teren, zajęty przez różne działy przedsiębiorstw wykonawczych, przy rozgraniczeniu ich powiększa się nieznacznie, natomiast korzyści wynikające z takiego sposobu rozplanowania są bardzo poważne.

Rozplanowanie poszczególnych działów zależy w dużym stopniu od przyjętych metod wykonawstwa, wielkości budowanego obiektu oraz zaopatrzenia budowy w sprzęt odpowiednio do możliwości wykonawców.

Zestawienie najbardziej korzystnego planu zagospodarowania placu budowy wymaga opracowania i przeanalizowania szeregu wariantów. Ostateczne przyjęcie jednego wariantu planu winno być dokonane z uwzględnieniem miejsca wyznaczonego na budowę obiektu oraz istniejących warunków budowy.

Jednym z najbardziej dogodnych rozwiązań rozplanowania działów budowlanych i montażowych w stosunku do położenia



Rys. 1. Rozmieszczenie działów budowlanego i montażowego na placu budowy

nia budynku głównego można uważać plan podany na rys. 1. Prawdopodobnie takiego rozmieszczenia działów potwierdzają jego następujące cechy: 1) wyraźne rozgraniczenie działów; 2) postęp wykonywanych robót budowlanych i montażowych przybliża je do terenów poszczególnych działów; 3) działy mieszczą się od strony ściany tymczasowej, co umożliwia wyzyskanie ich przy budowie etapami; 4) postęp robót budowlanych (od ściany stałej kotłowni do ściany tymczasowej maszynowni) jest najbardziej właściwy ze względu na czas niezbędny na wykonanie robót montażowych przy zespołach kotłowych i możliwość późniejszego rozpoczęcia robót przy zespołach turbinowych i innych robót w maszynowni oraz przy urządzeniach elektrycznych.

Duży wpływ na rozplanowanie budownictwa prowizorycznego ma sam kształt terenu budowy.

Niejednokrotnie dogodne rozplanowanie zagospodarowania placu jest uniemożliwione warunkami geologicznymi lub wskutek wykonywania dużych prac ziemnych nasypowych, uniemożliwiających natychmiastowe stawianie na tym gruncie budynków przed ustaleniem się gruntu do wytrzymałości pozwalającej na ich budowę, a tymczasem terminy budowy wymagają jak najszybszego zagospodarowania placu budowy. Takie okoliczności bywają powodem mniej dogodnego rozmieszczenia budownictwa prowizorycznego.

W wielu przypadkach krótkie terminy budowy obiektu powodują zaniechanie się robót budowlanych z montażowymi i wymagają innego rozplanowania działów, niżby to wynikało z najbardziej racjonalnego planu zagospodarowania.

3. Rozplanowanie działu budowlanego.

Duży wpływ na rozplanowanie poszczególnych grup robót budowlanych ma zastosowany system konstrukcji budynku głównego i innych stałych budynków pomocniczych. Na przykład przyjęcie konstrukcji budynku głównego o szkieletie stalowym wprowadza na budowę jeszcze jednego wykonawcę — przedsiębiorstwo budowlane robót montażowych, dla którego najwłaściwszym miejscem na montaż konstrukcji byłby plac przyszłego działu montażowego wzdłuż osi budynku przy ścianie tymczasowej.

Wykonanie konstrukcji budynku głównego w żelbetonie w zasadzie przedłuża budowę, lecz daje oszczędność stali. Przy tej konstrukcji zgrupowanie robót betonowych dla budynku głównego wymaga scentralizowania zaopatrzenia materiałowego i umieszczenia pododdziału betonarskiego w pobliżu tego budynku.

Zastosowany typ konstrukcji budynku głównego ma bezpośredni wpływ na wybór metod wykonawstwa i harmonogramu budowy.

4. Rozplanowanie działów montażowych.

Rozmieszczenie grup montażowych zależy od wielkości montowanych urządzeń podstawowych i przewidzianych przez dostawców metod wykonywania robót montażowych.

Montaż zespołów kotłowych systemem blokowym powoduje odsunięcie działu rurowego i kotłowego od ściany tymczasowej i pozostawienie placu montażowego do wykonania bloków.

Przyjęcie w projekcie rozdzielni elektrycznych napowietrznych, szczególnie najwyższych napięć, również wpływa na odsunięcie działu robót elektrycznych od czołowej ściany maszynowni. Powoduje to wydłużenie drogi do transportu urządzeń i w niektórych przypadkach wymaga zastosowania droższych środków transportowych.

Brak suwnicy w kotłowni o odpowiednim udźwigu — przy jednostkach kotłowych o wydajności 130 t/h, stosowanych najczęściej w obecnie realizowanych inwestycjach siłowni ciepłych — wymaga stosowania odpowiedniego sprzętu i urządzeń do dźwigania i transportu montowanych części kotłowych o ciężarze dochodzącym do 30 t.

Jeżeli uwzględni się, że zespoły kotłowe tego typu nie są przewidziane do montażu systemem blokowym, to organizacja budowy winna przewidywać szybszą dostawę części na miejsce montażu, co wymaga składowania urządzeń w odległościach nie większych od 200 — 250 m od miejsca montażu.

Należy podkreślić, że rozmieszczenie baz montażowych oraz dobór sprzętu i urządzeń wymagają dokładnego przeanalizowania robót montażowych przy podstawowych jednostkach produkcyjnych, jak kotły i turbozespoły.

Transport, załadunek i wyładunek najcięższych elementów obecnie montowanych jednostek kotłowych może być w zupełności obsługiwany przy użyciu dźwigu kolejowego bez uciekania się do suwnic bramiastych, które zresztą mają zbyt małą szybkość posuwu.

Miejsce na składowiska urządzeń turbinowych wybiera się w zależności od przebiegu trasy bocznic kolejowej i dysponowania odpowiednimi środkami transportowymi oraz podnośnikami, umożliwiającymi załadunek i wyładunek urządzeń na placach i przy magazynach, gdyż przewidziana przepisami eksploatacyjnymi suwnica o odpowiednim udźwigu w maszynowni całkowicie rozwiązuje montaż turbozespołów.

5. Budownictwo prowizoryczne, wyposażenie działów i transport.

Organizacja placu budowy szczególnie w energetyce wywiera duży wpływ na właściwe i terminowe wykonanie inwestycji.

Okres budowy dużych obiektów, trwający od 3 do 4 lat w pierwszym etapie budowy i 2 do 3 lat przy rozbudowie, wymaga należytego przygotowania i wyposażenia budownictwa prowizorycznego placu budowy. Przy tak długich okresach wykorzystania materiałów i urządzeń oraz warsztatów pracujących dla budowy należy starannie dobrać — pod kątem widzenia zarówno technicznym, jak i ekonomicznym — konstrukcję tych budynków, jak również i materiały zastosowane do ich wykonania.

W wielu przypadkach zachodzi potrzeba stawiania na placu budowy budynków murowanych o konstrukcji stosowanej w budownictwie stałym, jak na przykład dla warsztatów mechaniczno-ślusarskich, kotłowych i rurowych. Przepisy oszczędności w stosowaniu drewna w budownictwie zmuszają do stawiania w znacznym procencie budynków prowizorycznych murowanych. Wprawdzie podraża to koszt organizacji placu budowy, ale ze względu na stosunkowo długi okres użytkowania budynków takie rozwiązanie należy uznać za uzasadnione.

Stosowanie budynków prowizorycznych murowanych wymaga dokładnego wyznaczenia położenia obiektów na planie zagospodarowania placu budowy, gdyż każda zmiana po wykonaniu tych budynków wymagająca przesunięcia pociąga za sobą nieuchronnie dodatkowe koszty oraz zniszczenie niekiedy połowy zużytych do budowy materiałów.

Warszawskie Biuro Projektów Energetycznych, przystosowując częściowo istniejące typowe budynki prowizoryczne stosowane przy organizacji placu budowy w resortach MBMiO oraz MBPrzem i opierając się na już stosowanym budownictwie prowizorycznym przy organizacji budowy obiektów energetycznych, jak również i stosowanym przez TEP typowym budownictwie prowizorycznym, opracowało już znaczną część dokumentacji typowych budynków prowizorycznych o konstrukcji drewnianej i murowanej, którą stosuje w swoich projektach.

Za podstawę do typizacji budynków prowizorycznych przyjęto szerokość w trzech wymiarach, a mianowicie 7,5 m, 9,0 m, 12,0 m, uzyskując niezbędną powierzchnię przez dobranie długości budynku i stosując jednocześnie powtarzalność elementów składowych przy budynkach drewnianych, gdzie to jest możliwe, lub zwiększając jedynie długość budynku dla konstrukcji murowanych. Daje to bardzo dobre wyniki, gdyż pozwala na zastosowanie w zasadzie tylko nieznacznej liczby typów budynków na magazyny, warsztaty, hotele robotnicze i podcienie oraz na kilkakrotną powtarzalność dla każdego projektu. Ponadto dokumentację kosztorysową można zastosować jednocześnie do kilku obiektów prowizorycznych.

Zastosowanie typowych budynków prowizorycznych ułatwiło zestawienie i częściową typizację wyposażenia warsztatów w maszyny i urządzenia do robót montażowych i budowlanych.

Do zaopatrzenia placu budowy w ciepło przyjęto kotłownie prowizoryczną o konstrukcji murowanej, na kotły o powierzchni ogrzewalnej 130 m² produkcji krajowej, najczęściej stosowane do tego celu w projektach organizacji budowy; niezbędną wydajność w zależności od zapotrzebowania uzyskuje się przez zainstalowanie odpowiedniej liczby kotłów. Długość budynku kotłowni dobiera się odpowiednio do przyjętej liczby kotłów.

Dąży się do całkowitej typizacji budownictwa prowizorycznego. Dla siłowni o różnej mocy zainstalowanej przewiduje się stosowanie budynków o tej samej szerokości, lecz o różnej długości.

Dotychczasowa praktyka wykazuje, że najczęściej w początkowych okresach na budowie znajduje się mniejsza ilość sprzętu niż zaprojektowano, co powoduje stosowanie przez przedsiębiorstwa wielozmianowości w pracy sprzętu, a więc i szybsze jego zniszczenie.

Wyposażenie warsztatów na budowie jest przystosowane do wielkości budowanego obiektu. W zasadzie jest ono stylizowane i składa się z maszyn i urządzeń produkcji krajowej i to w warsztatach zarówno budowlanych, jak i montażowych. Ślusność typizacji potwierdza się w całej pełni dla obiektów budowanych z dala od uprzemysłowionego zaplecza, jeżeli jednak są w pobliżu budowy zakłady przemysłowe, z których budowa może korzystać, należy odpowiednio zmniejszyć wyposażenie własnych warsztatów w maszyny. Dotyczy to przede wszystkim warsztatów ślusarsko-mechanicznych, elektrycznych i instalacji sanitarnych. Zapotrzebowanie gazów technicznych na budowie jest uzależnione od wielkości budowanego obiektu, konstrukcji budynków produkcyjnych, a w szczególności budynku głównego, oraz od ilości i wielkości instalowanych urządzeń podstawowych (kotłów i turbozespołów). Praktyka wykazuje, że przy dużej odległości miejsca budowy od miejsca produkcji gazów (ponad 150 km) niezbędne jest zbudowanie pomieszczeń na składowanie gazów technicznych, obliczone na zapas 1 ÷ 2-tygodniowy. Przy budowie elektrowni powyżej 100 MW — przy kotłach montowanych bez zastosowania systemu blokowania — przeważnie centralizuje się zaopatrzenie w sprężone powietrze, tlen i acetylen.

Transport na placu budowy jest poważnym czynnikiem, wpływającym na terminowe i właściwe wykonanie inwestycji. Najdogodniejszym i najbardziej ekonomicznym rozwiązaniem dostawy materiałów i urządzeń jest transport kolejowy przy pomocy bocznic normalnotorowych, umożliwiających dojazd do składów oraz do miejsc montażu urządzeń podstawowych. Z reguły nie udaje się rozwiązać sieci bocznic kolejowych — ani stałych, ani prowizorycznych — bez zastosowania w pobliżu lub na samym placu budowy trzech torów zdawczo-odbiorczych o długości, umożliwiającej przyjęcie składów pociągów o przewidzianym średnim dziennym tonażu dostaw dla budowy.

Dla większych budów zachodzi potrzeba zastosowania własnych ciągników do manewrowania wzdłuż bocznic wewnętrznych (na terenie placu budowy i dostawy materiałów oraz urządzeń), z miejsc składowania lub torów zdawczo-odbiorczych do miejsc najbliższych położonych przy wznoszonych obiektach.

Układ dróg prowizorycznych na placu budowy winien być ściśle powiązany z drogami stałymi, rampami wyładowniczymi oraz składowiskami materiałów i urządzeń z jednej strony a budowanymi obiektami z drugiej.

Transport pionowy dla robót budowlanych daje się rozwiązać przy pomocy wind i dźwigów wieżowych o średnim udźwigu do 5 t. Transport pionowy dla robót montażowych musi być dostosowany do montowanych urządzeń. Przewidywane

w projektach organizacji budowy wyposażenie w urządzenia podnośnikowe dla tych robót dobrane jest i częściowo stypizowane odpowiednio do wielkości montowanych urządzeń, miejscowych warunków budowy i konstrukcji przede wszystkim budynku głównego.

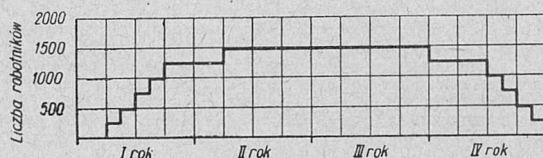
Obecnie montowane jednostki kotłowe z wyjątkiem zespołów o wydajności 230 t/h, które są przewidziane do montażu blokami i wymagają ciężkiego sprzętu, pozwalają na zastosowanie sprzętu i urządzeń o średnim udźwigu, który jest możliwy do uzyskania z produkcji krajowej.

6. Kadry robocze i harmonogramy realizacji.

Dotychczasowa praktyka wykazuje pewne odchylenia od średniego zatrudnienia, wynikającego z ogólnych harmonogramów budowy podanych w projekcie.

Wahania te są spowodowane przede wszystkim: a) odchyleniami wykonawstwa na budowie od przyjętych terminów harmonogramu; b) niemożnością dokładnego zestawienia robotniko-dniówek przy projektowaniu organizacji budowy przez biuro projektowe w okresie prac nad projektem technicznym obiektu; c) brakiem danych z praktyki na podobnych obiektach.

Braki powyższe są głównym powodem odchylen powstających w czasie budowy w stosunku do liczby zatrudnionych

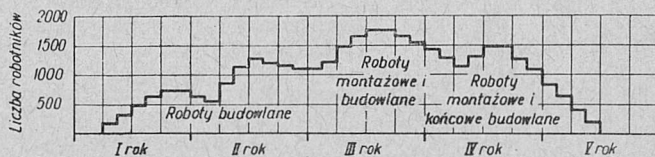


Rys. 2. Teoretyczny wykres zatrudnienia

przewidzianej w projekcie. Każde opóźnienie lub przyspieszenie robót w okresie budowy staje się powodem spiętrzenia lub zmniejszenia liczby zatrudnionych; opóźnienie dostawy materiałów i urządzeń wywołuje podobne zjawisko. Aby więc zarówno harmonogramy robót, jak i zestawienie zatrudnienia, były jak najbardziej zgodne z rzeczywistością, należy w czasie projektowania uzgadniać te sprawy z wykonawcami.

Wykonane projekty organizacji budowy dla wznoszonych obecnie zakładów energetyki (powyżej 100 MW przy pełnej rozbudowie) wykazują zatrudnienie szczytowe przy zazębianiu się robót budowlanych z montażowymi od 1200 do 1600 robotników.

Teoretyczny wykres zatrudnienia miałby w okresie głównej budowy kształt linii prostej (rys. 2) w przeciwieństwie do początkowego okresu narastania robót oraz końcowego okresu zmniejszania się robót. W początkowym okresie projektowania organizacji budowy wykresy zatrudnienia bywają zbli-



Rys. 3. Wykres zatrudnienia dla elektrowni o mocy powyżej 100 MW

żone do teoretycznych. Dzięki stopniowemu postępowi w ścisłym analizowaniu i śledzeniu przebiegu budowy obecne harmonogramy budowy i zatrudnienia są bardziej zbliżone do rzeczywistości. Rys. 3 przedstawia przykładowo taki wykres dla budowy zakładu energetycznego o mocy około 100 MW. Wykres ten uwzględnia okresy letnie i zimowe dla robót budowlanych, zazębianie się robót budowlanych z montażowymi, narastanie robót montażowych i zmniejszanie się robót budowlanych oraz zmniejszanie się robót montażowych z chwilą oddawania do ruchu jednostek produkcyjnych.

Stopniowa specjalizacja grup wykonawczych, a szczególnie montażowych, przy robotach podobnych będzie miała znaczny wpływ na skracanie terminów wykonawstwa i na pewne zmniejszanie się liczby zatrudnionych, gdyż obecnie słusznie stosowane szkolenie nowych kadr — przede wszystkim przy montażu nowych urządzeń — podwyższa sztucznie liczbę zatrudnionych przy tych robotach.

Podstawowymi czynnikami realności projektowania organizacji budowy i właściwego wykonawstwa są: koordynacja

prac projektowych z wykonawcami oraz koordynacja wykonawstwa przez nadzór autorski biura projektowego, które wykonało projekt organizacji budowy. Niezasieganie opinii wykonawców przy pracach projektowych nad organizacją budowy może być powodem dokonywania w toku realizacji znacznych zmian w zagospodarowaniu placu budowy, które pociągają za sobą niepotrzebne dodatkowe koszty.

Ocena minionego pięcioletniego okresu pracy energetycznych biur projektowych pozwala stwierdzić, że na odcinku projektowania organizacji budowy zrobiono duży krok naprzód.

Przejście od założeń projektowych przez projekt wstępny i techniczny, a obecnie — w myśl wskazań praktyki z budów — również projekt wstępny rozszerzony, umożliwiający przyspieszenie prac projektowych i budowę, jest dowodem postępu prac projektowych i ściślejszego powiązania projektowania z budową.

Obecnie projektowanie organizacji budowy na wielu od-

cinkach opiera się na wynikach, uzyskanych z praktyki budowy obiektów energetycznych, a nie na danych wskaźnikowych, jak to było w początkowym okresie projektowania.

Wprowadzenie typizacji węzłów i podstawowych jednostek produkcyjnych, jak kotły i turbiny w siłowniach ciepłych, pozwoli na stworzenie zbliżonych projektów organizacji budowy.

Różnice w tych projektach będą występować tylko w związku z lokalnymi warunkami budowy i terminami realizacji budowy obiektów, a więc nie będą znaczne, co pozwoli na dalsze przyspieszenie wykonania dokumentacji i poczynienie dalszych oszczędności w kosztach projektowania.

Dalszy przewidywany rozwój budownictwa energetycznego i wprowadzenie typizacji węzłów i urządzeń, wykonywanych przez przemysł krajowy, pozwoli na opracowanie typowego sprzętu, maszyn i narzędzi i wyposażenie w nie inwestycji siłowni ciepłych. Przyspieszy to wykonanie zadań budownictwa energetycznego i obniży koszty wykonawstwa.

STANISŁAW KOŃCZYKOWSKI

Analiza niesymetrii pojemnościowej linii napowietrznych trójfazowych

621.315.1.025.3

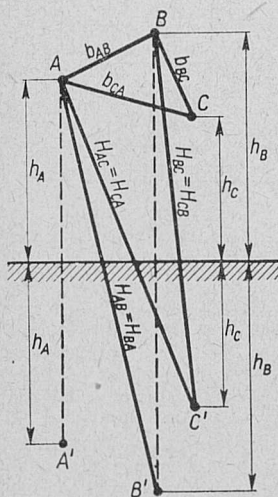
Treść. Przy założeniach upraszczających wyprowadzono wzory, które określają w przypadku ogólnym zależności niesymetrii przewodności poprzecznych czynnych i biernych poszczególnych faz linii napowietrznej od pojemności cząstkowych oraz od wyznaczników równań Maxwella, wyrażających chwilowe potencjały poszczególnych przewodów w funkcji chwilowych ładunków elektrycznych. Ze względu na bardzo skomplikowane zależności między niesymetrią przewodności poprzecznych poszczególnych faz linii a wymiarami układu przewodów i odstępami przewodów od ziemi zbadano na podstawie wymienionych wzorów skutki niesymetrii pojemnościowej dla trzech konkretnych przypadków typowych linii napowietrznych na 30, 110 i 220 kV o płaskich układach przewodów. Ponadto ustalono wpływ niesymetrii pojemnościowej na skutki niesymetrii indukcyjnej i wyjaśniono, w jakich przypadkach jest konieczne przeplatanie przewodów.

Анализ емкостной асимметрии трехфазных воздушных линий. Принимая упрощенные предположения, автор выводит формулы, определяющие для общего случая зависимость между асимметрией поперечных проводимостей (активной и реактивной) отдельных фаз воздушной линии и частичными емкостями, а также определителями уравнений Максвелла, выражающих мгновенные потенциалы отдельных проводов в функции мгновенных электрических зарядов. В виду очень сложной зависимости между асимметрией поперечных проводимостей отдельных фаз и междупроводными расстояниями, а также расстояниями проводов от земли, исследовано на основании упомянутых формул влияние емкостной асимметрии для трех случаев типичных воздушных линий для 30, 110 и 220 кв при расположении проводов в одной горизонтальной плоскости. Кроме того выяснено влияние емкостной асимметрии линии на действие индукционной асимметрии и указано, в каких случаях необходима транспозиция проводов.

Analysis of capacitance asymmetry in three-phase overhead lines. The author has, by applying simplified hypotheses, compiled formulae for determining, in the case of a general instance, the influence exerted on transverse conductance and susceptance asymmetry in the individual phases of overhead lines by partial capacities and the determinants of Maxwell's equations expressing instantaneous potentials of individual conductors in the function of instantaneous electric charges. Since the correlation between transverse conductance and susceptance in individual line phases on the one hand, and the mutual arrangement of wires and their distance from ground level on the other, is highly involved, the author has, on the basis of the formulae under reference, investigated the effect of capacitance asymmetry for three definite instances of typical overhead lines of 30, 110 and 220 kV with flat conductor arrangement. He has, moreover, determined the influence on the results of inductance asymmetry of capacitance asymmetry, and ascertained in which cases it is essential to transpose the conductors.

1. Wstęp.

Linie napowietrzne trójfazowe są z reguły liniami niesymetrycznymi pod względem pojemnościowym, wszelkie bowiem układy przewodowe, zarówno symetryczne jak i niesymetryczne pod względem indukcyjnym, są w tego rodzaju liniach, ściśle biorąc, niesymetryczne pod względem pojemnościowym.



Rys. 1. Schemat obliczenia współczynników potencjałowych linii trójfazowej napowietrznej o dowolnym układzie przewodów

Niesymetria pojemnościowa wpływa, podobnie jak i niesymetria indukcyjna, na parametry poszczególnych faz linii trójfazowej, lecz niesymetria indukcyjna powoduje niesymetrię oporności wzdłużnych, natomiast niesymetria pojemnościowa powoduje niesymetrię przewodności poprzecznych poszczególnych faz linii, tj. wprowadza różnice w tych przewodnościach i to nie tylko biernych, lecz przede wszystkim czynnych.

Jako skutek niesymetrii pojemnościowej występuje niesymetria obciążenia poszczególnych faz linii i niesymetria napięć fazowych, a więc i międzyfazowych. Niesymetria pojemnościowa może, jak wykazuje analiza tego zjawiska, kompensować w pewnym stopniu skutki niesymetrii indukcyjnej.

W celu przywrócenia linii niesymetrycznej pod względem indukcyjnym i pojemnościowym symetrii stosuje się przeplatanie przewodów według znanych metod. W celu stwierdzenia, w których przypadkach przeplecenie takie jest konieczne, należy ustalić bezpośrednio skutki niesymetrii, przy czym w niniejszym artykule bę-

dzie mowa przede wszystkim o skutkach niesymetrii pojemnościowej, a ponadto o skutkach jednoczesnej niesymetrii indukcyjnej i pojemnościowej *).

2. Wpływ niesymetrii pojemnościowej na przewodność poprzeczną — czynną i bierną — poszczególnych faz.

Rozpatrzmy linię trójfazową o dowolnym układzie przewodów zawieszonych w powietrzu.

Chwilowe potencjały przewodów linii będącej pod napięciem można wyrazić następującymi wzorami Maxwella:

$$(1) \begin{cases} v_A = \gamma_{AA} q_A + \gamma_{AB} q_B + \gamma_{AC} q_C, \\ v_B = \gamma_{BA} q_A + \gamma_{BB} q_B + \gamma_{BC} q_C, \\ v_C = \gamma_{CA} q_A + \gamma_{CB} q_B + \gamma_{CC} q_C, \end{cases}$$

gdzie q_A, q_B, q_C — chwilowe ładunki elektryczne przewodów faz A, B i C na jednostkę długości linii, $\gamma_{\alpha\alpha}$ i $\gamma_{\alpha\beta}$ (ogólnie) — współczynniki potencjałowe Maxwella obliczone na jednostkę długości linii.

Jeżeli średnice przewodów są jednakowe, to ogólnie*)

$$\gamma_{\alpha\alpha} = \frac{\ln \frac{2h_\alpha}{r}}{2\pi\epsilon} \quad \text{ i } \quad \gamma_{\alpha\beta} = \gamma_{\beta\alpha} = \frac{\ln \frac{H_{\alpha\beta}}{b_{\alpha\beta}}}{2\pi\epsilon},$$

gdzie (rys. 1) h_α — odległości osi przewodu α od ziemi, $b_{\alpha\beta}$ — odstęp między osiami przewodów α i β , $H_{\alpha\beta}$ — odległość między osią przewodu α i osią elektrycznego (zwierciadlanego) odbicia przewodu β lub odwrotnie, r — promień przewodu, ϵ — przenikalność dielektryczna ośrodka otaczającego przewody.

*) Por. Kończykowski S. Analiza niesymetrii indukcyjnej linii trójfazowych o niesymetrycznym układzie przewodów (Przegl. Elektr., 1954, z. 6, str. 222).

*) Kończykowski S. Obliczanie sieci elektroenergetycznych, t. I, 1953.

W powyższych wzorach $\varepsilon = \varepsilon_0 \varepsilon'$, przy czym ε_0 — przenikalność dielektryczna próżni, ε' — przenikalność dielektryczna względna ośrodka otaczającego przewody.

Uwzględniając, że

$$\varepsilon_0 = \frac{1}{4\pi \cdot 9 \cdot 10^{11}} \left(\frac{F}{cm} \right) \quad \text{lub} \quad \varepsilon_0 = \frac{1}{36\pi} \left(\frac{\mu F}{km} \right),$$

i zakładając, że przewody są zawieszane w powietrzu ($\varepsilon' \approx 1$),

$$\text{otrzymamy} \quad 2\pi\varepsilon = \frac{2\pi \cdot 1}{36\pi} = \frac{1}{18} \left(\frac{\mu F}{km} \right),$$

a więc

$$(2) \quad \left\{ \begin{aligned} \gamma_{\alpha\alpha} &= \frac{\ln \frac{2h_\alpha}{r}}{\frac{1}{18}} = \frac{\lg \frac{2h_\alpha}{r}}{0,02415} \left(\frac{km}{\mu F} \right), \\ \gamma_{\alpha\beta} &= \gamma_{\beta\alpha} = \frac{\ln \frac{H_{\alpha\beta}}{b_{\alpha\beta}}}{\frac{1}{18}} = \frac{\lg \frac{H_{\alpha\beta}}{b_{\alpha\beta}}}{0,02415} \left(\frac{km}{\mu F} \right). \end{aligned} \right.$$

Rozwiążmy równania (1) względem niewiadomych q_A , q_B i q_C

Wyznacznik charakterystyczny równań:

$$\Delta = \begin{vmatrix} \gamma_{AA} & \gamma_{AB} & \gamma_{AC} \\ \gamma_{BA} & \gamma_{BB} & \gamma_{BC} \\ \gamma_{CA} & \gamma_{CB} & \gamma_{CC} \end{vmatrix} = \gamma_{AA}\gamma_{BB}\gamma_{CC} - \gamma_{AA}\gamma_{BC}\gamma_{CB} + \gamma_{BA}\gamma_{BC}\gamma_{CA} - \gamma_{AB}\gamma_{BA}\gamma_{CC} - \gamma_{AC}\gamma_{BB}\gamma_{CA} + \gamma_{AC}\gamma_{BA}\gamma_{CB} = \gamma_{AA}\gamma_{BB}\gamma_{CC} - \gamma_{AA}\gamma_{BC}^2 + 2\gamma_{AB}\gamma_{BC}\gamma_{CA} - \gamma_{CC}\gamma_{AB}^2 - \gamma_{BB}\gamma_{CA}^2.$$

Podwyznaczniki niewiadomych q_A , q_B , q_C :

$$(3) \quad \left\{ \begin{aligned} q_A \quad \Gamma_{AA} &= \begin{vmatrix} \gamma_{BB} & \gamma_{BC} \\ \gamma_{CB} & \gamma_{CC} \end{vmatrix} (-1)^{1+1} = \gamma_{BB}\gamma_{CC} - \gamma_{BC}\gamma_{CB} = \gamma_{BB}\gamma_{CC} - \gamma_{BC}^2, \\ \Gamma_{BA} &= \begin{vmatrix} \gamma_{AB} & \gamma_{AC} \\ \gamma_{CB} & \gamma_{CC} \end{vmatrix} (-1)^{1+2} = -(\gamma_{AB}\gamma_{CC} - \gamma_{AC}\gamma_{CB}) = -(\gamma_{AB}\gamma_{CC} - \gamma_{CA}\gamma_{BC}), \\ \Gamma_{CA} &= \begin{vmatrix} \gamma_{AB} & \gamma_{AC} \\ \gamma_{BB} & \gamma_{BC} \end{vmatrix} (-1)^{1+3} = \gamma_{AB}\gamma_{BC} - \gamma_{AC}\gamma_{BB} = \gamma_{AB}\gamma_{BC} - \gamma_{CA}\gamma_{BB}, \\ q_B \quad \Gamma_{AB} &= \begin{vmatrix} \gamma_{BA} & \gamma_{BC} \\ \gamma_{CA} & \gamma_{CC} \end{vmatrix} (-1)^{2+1} = -(\gamma_{BA}\gamma_{CC} - \gamma_{BC}\gamma_{CA}) = -(\gamma_{AB}\gamma_{CC} - \gamma_{BC}\gamma_{CA}), \\ \Gamma_{BB} &= \begin{vmatrix} \gamma_{AA} & \gamma_{AC} \\ \gamma_{CA} & \gamma_{CC} \end{vmatrix} (-1)^{2+2} = \gamma_{AA}\gamma_{CC} - \gamma_{AC}\gamma_{CA} = \gamma_{AA}\gamma_{CC} - \gamma_{CA}^2, \\ \Gamma_{CB} &= \begin{vmatrix} \gamma_{AA} & \gamma_{AC} \\ \gamma_{BA} & \gamma_{BC} \end{vmatrix} (-1)^{2+3} = -(\gamma_{AA}\gamma_{BC} - \gamma_{AC}\gamma_{BA}) = -(\gamma_{AA}\gamma_{BC} - \gamma_{CA}\gamma_{AB}), \\ q_C \quad \Gamma_{AC} &= \begin{vmatrix} \gamma_{BA} & \gamma_{BB} \\ \gamma_{CA} & \gamma_{CB} \end{vmatrix} (-1)^{3+1} = \gamma_{BA}\gamma_{CB} - \gamma_{BB}\gamma_{CA} = \gamma_{AB}\gamma_{BC} - \gamma_{BB}\gamma_{CA}, \\ \Gamma_{BC} &= \begin{vmatrix} \gamma_{AA} & \gamma_{AB} \\ \gamma_{CA} & \gamma_{CB} \end{vmatrix} (-1)^{3+2} = -(\gamma_{AA}\gamma_{CB} - \gamma_{AB}\gamma_{CA}) = -(\gamma_{AA}\gamma_{BC} - \gamma_{AB}\gamma_{CA}), \\ \Gamma_{CC} &= \begin{vmatrix} \gamma_{AA} & \gamma_{AB} \\ \gamma_{BA} & \gamma_{BB} \end{vmatrix} (-1)^{3+3} = \gamma_{AA}\gamma_{BB} - \gamma_{AB}\gamma_{BA} = \gamma_{AA}\gamma_{BB} - \gamma_{AB}^2. \end{aligned} \right.$$

Niewiadome q_A , q_B i q_C wyraża się za pomocą obliczonych wyznaczników następującymi wzorami:

$$(4) \quad \left\{ \begin{aligned} q_A &= \frac{\Gamma_{AA}}{\Delta} v_A + \frac{\Gamma_{BA}}{\Delta} v_B + \frac{\Gamma_{CA}}{\Delta} v_C, \\ q_B &= \frac{\Gamma_{AB}}{\Delta} v_A + \frac{\Gamma_{BB}}{\Delta} v_B + \frac{\Gamma_{CB}}{\Delta} v_C, \\ q_C &= \frac{\Gamma_{AC}}{\Delta} v_A + \frac{\Gamma_{BC}}{\Delta} v_B + \frac{\Gamma_{CC}}{\Delta} v_C. \end{aligned} \right.$$

Wprowadzamy nowe współczynniki, nadające powyższym równaniom postać następującą:

$$(5) \quad \left\{ \begin{aligned} q_A &= C_{AA} v_A + C_{AB} (v_A - v_B) + C_{AC} (v_A - v_C) = \\ &= (C_{AA} + C_{AB} + C_{AC}) v_A - C_{AB} v_B - C_{AC} v_C, \\ q_B &= C_{BA} (v_B - v_A) + C_{BB} v_B + C_{BC} (v_B - v_C) = \\ &= -C_{BA} v_A + (C_{BA} + C_{BB} + C_{BC}) v_B - C_{BC} v_C, \\ q_C &= C_{CA} (v_C - v_A) + C_{CB} (v_C - v_B) + C_{CC} v_C = \\ &= -C_{CA} v_A - C_{CB} v_B + (C_{CA} + C_{CB} + C_{CC}) v_C. \end{aligned} \right.$$

Z równań (4) i (5) wynika, że

$$\begin{aligned} C_{AA} + C_{AB} + C_{AC} + \frac{\Gamma_{AA}}{\Delta}, \quad -C_{AB} &= \frac{\Gamma_{BA}}{\Delta}, \quad -C_{AC} = \frac{\Gamma_{CA}}{\Delta}, \\ -C_{BA} &= \frac{\Gamma_{AB}}{\Delta}, \quad C_{BA} + C_{BB} + C_{BC} = \frac{\Gamma_{BB}}{\Delta}, \quad -C_{BC} = \frac{\Gamma_{CB}}{\Delta}, \\ -C_{CA} &= \frac{\Gamma_{AC}}{\Delta}, \quad -C_{CB} = \frac{\Gamma_{BC}}{\Delta}, \quad C_{CA} + C_{CB} + C_{CC} = \frac{\Gamma_{CC}}{\Delta}. \end{aligned}$$

Ponieważ z równań (3) wynika, że $\Gamma_{AB} = \Gamma_{BA}$, $\Gamma_{BC} = \Gamma_{CB}$ i $\Gamma_{CA} = \Gamma_{AC}$, przeto ostatecznie otrzymamy:

$$(6) \quad \left\{ \begin{aligned} C_{AA} &= \frac{\Gamma_{AA} + \Gamma_{AB} + \Gamma_{CA}}{\Delta}, \quad C_{BB} = \frac{\Gamma_{BB} + \Gamma_{AB} + \Gamma_{BC}}{\Delta}, \\ C_{CC} &= \frac{\Gamma_{CC} + \Gamma_{BC} + \Gamma_{CA}}{\Delta}, \quad C_{AB} = C_{BA} = -\frac{\Gamma_{AB}}{\Delta}, \\ C_{BC} &= C_{CB} = -\frac{\Gamma_{BC}}{\Delta}, \quad C_{CA} = C_{AC} = -\frac{\Gamma_{CA}}{\Delta}. \end{aligned} \right.$$

Współczynniki C_{AA} , C_{BB} , C_{CC} — są pojemnościami cząstkowymi własnymi przewodów faz A, B, C na jednostkę długości linii,

C_{AB} , C_{BC} , C_{CA} — są pojemnościami cząstkowymi wzajemnymi na jednostkę długości linii.

Pochodne chwilowych ładunków określonych równaniami (5) względem czasu

$$\frac{dq_A}{dt} = (i_C)_A, \quad \frac{dq_B}{dt} = (i_C)_B, \quad \frac{dq_C}{dt} = (i_C)_C$$

wyrażają chwilowe prądy pojemnościowe na jednostkę długości linii.

Różniczkując równania (5) względem czasu otrzymamy zatem:

$$\begin{aligned} \frac{dq_A}{dt} &= (i_C)_A = C_{AA} \frac{dv_A}{dt} + C_{AB} \left(\frac{dv_A}{dt} - \frac{dv_B}{dt} \right) + \\ &\quad + C_{AC} \left(\frac{dv_A}{dt} - \frac{dv_C}{dt} \right), \\ \frac{dq_B}{dt} &= (i_C)_B = C_{BA} \left(\frac{dv_B}{dt} - \frac{dv_A}{dt} \right) + C_{BB} \frac{dv_B}{dt} + \\ &\quad + C_{BC} \left(\frac{dv_B}{dt} - \frac{dv_C}{dt} \right), \\ \frac{dq_C}{dt} &= (i_C)_C = C_{CA} \left(\frac{dv_C}{dt} - \frac{dv_A}{dt} \right) + C_{CB} \left(\frac{dv_C}{dt} - \frac{dv_B}{dt} \right) + \\ &\quad + C_{CC} \frac{dv_C}{dt}. \end{aligned}$$

Przechodząc od wartości chwilowych do skutecznych, otrzymamy prądy ładowania na jednostkę długości linii:

$$(7) \quad \left\{ \begin{aligned} (\hat{I}_C)_A &= j\omega C_{AA} \hat{V}_A + j\omega C_{AB} (\hat{V}_A - \hat{V}_B) + j\omega C_{AC} (\hat{V}_A - \hat{V}_C), \\ (\hat{I}_C)_B &= j\omega C_{BA} (\hat{V}_B - \hat{V}_A) + j\omega C_{BB} \hat{V}_B + j\omega C_{BC} (\hat{V}_B - \hat{V}_C), \\ (\hat{I}_C)_C &= j\omega C_{CA} (\hat{V}_C - \hat{V}_A) + j\omega C_{CB} (\hat{V}_C - \hat{V}_B) + \\ &\quad + j\omega C_{CC} \hat{V}_C. \end{aligned} \right.$$

W normalnym stanie linii potencjał punktu zerowego sieci jest równy zero (potencjał ziemi). Zakładając przy tym, że układ napięć linii jest symetryczny (co w przypadku linii niesymetrycznej pod względem pojemnościowym nie jest ściśle), otrzymamy

$$\text{w pierwszym równaniu (7): } \hat{V}_A = \hat{U}_A, \quad \hat{V}_B = \hat{U}_B = \hat{U}_A a^2, \quad \hat{V}_C = \hat{U}_C = \hat{U}_A a,$$

$$\text{w drugim równaniu (7): } \hat{V}_B = \hat{U}_B, \quad \hat{V}_A = \hat{U}_A = \hat{U}_B a, \quad \hat{V}_C = \hat{U}_C = \hat{U}_B a^2,$$

w trzecim równaniu (7): $\hat{V}_C = U_C$, $\hat{V}_A = U_A = U_C \hat{a}^2$, $\hat{V}_B = \hat{U}_B = \hat{U}_C \hat{a}$,

przy czym operator

$$\hat{a} = e^{j\frac{2}{3}\pi} = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2} \quad \text{i} \quad \hat{a}^2 = e^{j\frac{4}{3}\pi} = -\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2}.$$

Uwzględniając ponadto, że w równaniach (7)

$$C_{AB} = C_{BA}, \quad C_{BC} = C_{CB}, \quad C_{CA} = C_{AC},$$

otrzymamy ostatecznie następujące równania wyrażające prądy ladowania poszczególnych faz linii na jednostkę jej długości:

$$(8) \quad \begin{cases} (\hat{I}_C)_A = \hat{U}_A j\omega [C_{AA} + C_{BB}(1 - \hat{a}^2) + C_{CA}(1 - \hat{a})] = \\ = \hat{U}_A j\omega \left[C_{AA} + C_{AB} \left(1 + \frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2} \right) + C_{CA} \left(1 + \frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2} \right) \right] = \hat{U}_A \left\{ -\omega \frac{\sqrt{3}}{2} (C_{AB} - C_{CA}) + j\omega \left[C_{AA} + \frac{3}{2} (C_{AB} + C_{CA}) \right] \right\}, \\ (\hat{I}_C)_B = \hat{U}_B j\omega [C_{AB}(1 - \hat{a}) + C_{BB} + C_{BC}(1 - \hat{a}^2)] = \\ = \hat{U}_B j\omega \left[C_{AB} \left(1 + \frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2} \right) + C_{BB} + C_{BC} \left(1 + \frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2} \right) \right] = \hat{U}_B \left\{ \omega \frac{\sqrt{3}}{2} (C_{AB} - C_{BC}) + j\omega \left[C_{BB} + \frac{3}{2} (C_{AB} + C_{BC}) \right] \right\}, \\ (\hat{I}_C)_C = \hat{U}_C j\omega [C_{CA}(1 - \hat{a}^2) + C_{BC}(1 - \hat{a}) + C_{CC}] = \\ = \hat{U}_C j\omega \left[C_{CA} \left(1 + \frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2} \right) + C_{BC} \left(1 + \frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2} \right) + C_{CC} \right] = \hat{U}_C \left\{ -\omega \frac{\sqrt{3}}{2} (C_{CA} - C_{BC}) + j\omega \left[C_{CC} + \frac{3}{2} (C_{CA} + C_{BC}) \right] \right\}. \end{cases}$$

Czynniki ujęte w równaniach (8) w nawiasy figurowe wyrażają przewodności poprzeczne poszczególnych faz linii na jednostkę jej długości, spowodowane pojemnością linii.

Jeżeliby układ przewodów był symetryczny pod względem pojemnościowym (co, ściśle biorąc, byłoby możliwe tylko w linii kablowej), to pojemności cząstkowe własne byłyby jednakowe i pojemności cząstkowe wzajemne byłyby również jednakowe:

$$C_{AA} = C_{BB} = C_{CC} \quad \text{i} \quad C_{AB} = C_{BC} = C_{CA}.$$

W równaniach (8) zniknęłyby w tym przypadku części rzeczywiste przewodności, a części urojone przewodności byłyby jednakowe dla wszystkich faz linii i wyrażałyby przewodność pojemnościową roboczą jednej fazy linii symetrycznej pod względem pojemnościowym:

$$B_A = B_B = B_C = \omega (C_{AA} + 3C_{AB}).$$

W linii o przewodach gołych zawieszonych w powietrzu pojemności cząstkowe własne przewodów oraz pojemności cząstkowe wzajemne między przewodami są w ogólnym przypadku niejednakowe (wzory 2, 3 i 6):

$$C_{AA} \neq C_{BB} \neq C_{CC} \quad \text{i} \quad C_{AB} \neq C_{BC} \neq C_{CA}.$$

Przewodności poprzeczne spowodowane pojemnością linii składają się w tym przypadku, jak to wynika z równań (8), z dwu składowych: składowej rzeczywistej, stanowiącej dodatkową przewodność poprzeczną czynną fazy (poza upływnością), i składowej urojonej, stanowiącej właściwą przewodność poprzeczną pojemnościową fazy. Ponadto zarówno dodatkowe przewodności poprzeczne czynne poszczególnych faz linii, jak i przewodności poprzeczne pojemnościowe są w ogólnym przypadku w poszczególnych fazach różne. Istnienie więc pojemności między poszczególnymi przewodami linii oraz między każdym z przewodów i ziemią wpływa w linii niesymetrycznej pod względem pojemnościowym nie tylko na wartość przewodności poprzecznych pojemnościowych poszczególnych faz linii, lecz również na ich przewodności poprzeczne czynne.

Dodatkowe przewodności poprzeczne czynne poszczególnych faz na jednostkę długości linii pojawiające się na skutek niesymetrii pojemnościowej są określone, jak to wynika z równań (8), następującymi wzorami:

$$(9) \quad \begin{cases} \Delta G_A = -\omega \frac{\sqrt{3}}{2} (C_{AB} - C_{CA}), \\ \Delta G_B = \omega \frac{\sqrt{3}}{2} (C_{AB} - C_{BC}), \\ \Delta G_C = -\omega \frac{\sqrt{3}}{2} (C_{CA} - C_{BC}). \end{cases}$$

Przewodności poprzeczne pojemnościowe poszczególnych faz na jednostkę długości linii niesymetrycznej pod względem pojemnościowym na określone, jak to wynika z równań (8), następującymi wzorami:

$$(10) \quad \begin{cases} B_A = \omega C_A = \omega \left[C_{AA} + \frac{3}{2} (C_{AB} + C_{CA}) \right], \\ B_B = \omega C_B = \omega \left[C_{BB} + \frac{3}{2} (C_{AB} + C_{BC}) \right], \\ B_C = \omega C_C = \omega \left[C_{CC} + \frac{3}{2} (C_{CA} + C_{BC}) \right]. \end{cases}$$

Ze wzorów (10) wynika, że średnia przewodność poprzeczna pojemnościowa trzech faz linii przeplecionej na jednostkę jej długości wynosi

$$(11) \quad B_{\text{sr}} = \frac{\omega}{3} (C_A + C_B + C_C) = \omega \left(\frac{C_{AA} + C_{BB} + C_{CC}}{3} + 3 \frac{C_{AB} + C_{BC} + C_{CA}}{3} \right),$$

przy czym $\frac{C_{AA} + C_{BB} + C_{CC}}{3}$ jest średnią pojemnością własną jednej fazy linii, a $\frac{C_{AB} + C_{BC} + C_{CA}}{3}$ jest średnią pojemnością

wzajemną jednej fazy linii w przypadku wyrównania niesymetrii pojemnościowej przez przeplecenie przewodów.

Różnice między wartościami przewodności poprzecznych pojemnościowych określonych wzorami (10) i wartością przewodności określonej wzorem (11) stanowią dodatkowe przewodności poprzeczne pojemnościowe, które pojawiły się w poszczególnych fazach linii wskutek niesymetrii pojemnościowej. Te dodatkowe przewodności poprzeczne pojemnościowe wyrażają się następującymi wzorami:

$$(12) \quad \begin{cases} \Delta B_A = B_A - B_{\text{sr}} = \frac{\omega}{3} \left\{ [2C_{AA} - (C_{BB} + C_{CC})] - [3C_{BC} - \frac{3}{2} (C_{AB} + C_{CA})] \right\}, \\ \Delta B_B = B_B - B_{\text{sr}} = \frac{\omega}{3} \left\{ [2C_{BB} - (C_{AA} + C_{CC})] - [3C_{CA} - \frac{3}{2} (C_{AB} + C_{BC})] \right\}, \\ \Delta B_C = B_C - B_{\text{sr}} = \frac{\omega}{3} \left\{ [2C_{CC} - (C_{AA} + C_{BB})] - [3C_{AB} - \frac{3}{2} (C_{BC} + C_{CA})] \right\}. \end{cases}$$

Ze wzorów (9) i (12) wynika, że

$$\Delta G_A + \Delta G_B + \Delta G_C = 0 \quad \text{i} \quad \Delta B_A + \Delta B_B + \Delta B_C = 0.$$

Znaczy to, że jeżeli w jednych fazach wartość dodatkowych przewodności poprzecznych czynnych i biernych wywołanych niesymetrią pojemnościową linii są dodatnie, to w innych są ujemne, czyli że jeżeli w jednych fazach przewodności poprzeczne czynne lub biernie wzrosły na skutek niesymetrii pojemnościowej, to w innych fazach przewodności te zmalały o tę samą wartość.

Stąd wynika wniosek, że straty mocy czynnej i bierniej są w poszczególnych fazach linii niejednakowe: dodatkowa strata mocy czynnej lub bierniej w jednych fazach, wywołana niesymetrią pojemnościową, zjawia się jako zysk mocy czynnej lub bierniej w innych fazach, czyli dzięki niesymetrii pojemnościowej — odbywa się, podobnie jak na skutek niesymetrii indukcyjnej, jak gdyby przerzut energii czynnej i bierniej z jednych faz na inne.

Dodatkowe przewodności poprzeczne czynne i biernie (dodatnie lub ujemne), wywołane niesymetrią pojemnościową i wyrażone wzorami (9) i (12), są odchyłkami przewodności poprzecznych czynnych i biernych poszczególnych faz linii od wartości tych przewodności występujących w przypadku symetrii pojemnościowej (linia przepleciona), tj. w przypadku jednakowych przewodności poprzecznych wszystkich trzech faz linii. War-

tości procentowe tych odchylek w stosunku do wartości przewodności poprzecznych czynnej i biernej występujących w przypadku symetrii pojemnościowej (linia przepleciona) wskazują stopień zniekształcenia parametrów poprzecznych poszczególnych faz linii symetrycznej pod względem pojemnościowym, mogą przeto służyć za miernik niesymetrii pojemnościowej danej linii.

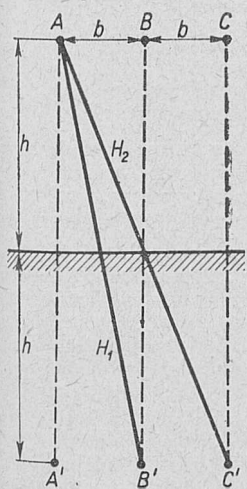
Podstawiając do wzorów (9) i (12) wartości pojemności własnych i wzajemnych określone wzorami (6) otrzymamy:

$$(13) \quad \begin{cases} \Delta G_A = \frac{\omega}{\Delta} \frac{\sqrt{3}}{2} (\Gamma_{AB} - \Gamma_{CA}) \\ \Delta G_B = \frac{\omega}{\Delta} \frac{\sqrt{3}}{2} (\Gamma_{BC} - \Gamma_{AB}) \\ \Delta G_C = \frac{\omega}{\Delta} \frac{\sqrt{3}}{2} (\Gamma_{CA} - \Gamma_{BC}) \end{cases}$$

$$(14) \quad \begin{cases} \Delta B_A = \frac{\omega}{3\Delta} \left\{ [2\Gamma_{AA} - (\Gamma_{BB} + \Gamma_{CC})] + \left[\Gamma_{BC} - \frac{1}{2} (\Gamma_{AB} + \Gamma_{CA}) \right] \right\}, \\ \Delta B_B = \frac{\omega}{3\Delta} \left\{ [2\Gamma_{BB} - (\Gamma_{AA} + \Gamma_{CC})] + \left[\Gamma_{CA} - \frac{1}{2} (\Gamma_{AB} + \Gamma_{BC}) \right] \right\}, \\ \Delta B_C = \frac{\omega}{3\Delta} \left\{ [2\Gamma_{CC} - (\Gamma_{AA} + \Gamma_{BB})] + \left[\Gamma_{AB} - \frac{1}{2} (\Gamma_{BC} + \Gamma_{CA}) \right] \right\}. \end{cases}$$

Wyznaczniki Δ , Γ_{AA} , Γ_{BB} , Γ_{CC} , Γ_{AB} , Γ_{BC} i Γ_{CA} można wyrazić, stosownie do wzorów (3), przez współczynniki potencjalne typu $\gamma_{\alpha\alpha}$ i $\gamma_{\alpha\beta}$, które są określone wzorami (2). Ponieważ współczynniki te są wyrażone w $\frac{\text{km}}{\mu\text{F}}$, to wyznacznik charakterystyczny Δ będzie wyrażony w $\left(\frac{\text{km}}{\mu\text{F}}\right)^3$, a podwyznaczniki Γ_{AA} , Γ_{BB} , Γ_{CC} i Γ_{AB} , Γ_{BC} i Γ_{CA} — w $\left(\frac{\text{km}}{\mu\text{F}}\right)^2$. Zatem dodatkowe przewodności poprzeczne ΔG i ΔB będą wyrażone w $\frac{\mu\text{S}}{\text{km}}$.

3. Skutki niesymetrii pojemnościowej w liniach o płaskim układzie przewodów.



Rys. 2. Schemat do obliczenia współczynników potencjalnych linii trójfazowej napowietrznej o płaskim układzie przewodów

Ustalenie bezpośredniej zależności między odchylkami przewodności poprzecznych poszczególnych faz linii niesymetrycznej pod względem pojemnościowym, wyrażonymi wzorami (13) i (14), a wymiarami układu przewodowego, odległościami przewodów od ziemi i wymiarami przewodów nie jest możliwe, po podstawieniu bowiem do wzorów (13) i (14) odpowiednich wartości wyznaczników wyrażonych przez współczynniki potencjalne (wzory 3 i 2) otrzymuje się wzory bardzo skomplikowane. Toteż badanie stopnia niesymetrii pojemnościowej linii napowietrznej nieprzeplecionej może być wykonane na podstawie wzorów (13), (14), (3) i (2) tylko dla konkretnych przykładów.

W celu bliższego zanalizowania wpływu niesymetrii pojemnościowej na parametry poprzeczne poszczególnych faz linii rozpatrzmy linię o płaskim układzie przewodów (rys. 2). W tym przypadku (por. rys. 1 i 2):

$$(15') \quad \begin{cases} b_{AB} = b_{BC} = b, & b_{CA} = 2b, & h_A = h_B = h_C = h, \\ H_{AB} = H_{BA} = H_{BC} = H_{CB} = H_1 = \sqrt{(2h)^2 + b^2}, \\ H_{AC} = H_{CA} = H_2 = \sqrt{(2h)^2 + (2b)^2}. \end{cases}$$

Zatem wzory (2) dają:

$$(15'') \quad \begin{cases} \gamma_{AA} = \gamma_{BB} = \gamma_{CC} = \gamma_0 = \frac{\lg \frac{2h}{r}}{0,02415} \quad \left(\frac{\text{km}}{\mu\text{F}}\right), \\ \gamma_{AB} = \gamma_{BC} = \gamma_1 = \frac{\lg \frac{H_1}{b}}{0,02415} \quad \left(\frac{\text{km}}{\mu\text{F}}\right), \\ \gamma_{CA} = \gamma_2 = \frac{\lg \frac{H_2}{2b}}{0,02415} \quad \left(\frac{\text{km}}{\mu\text{F}}\right), \end{cases}$$

i wzory (3)

$$(15''') \quad \begin{cases} \Delta = \gamma_0^3 - \gamma_0 \gamma_1^2 - 2\gamma_1^2 \gamma_2 - \gamma_0 \gamma_1^2 - \gamma_0 \gamma_2^2 = \gamma_0^3 - 2\gamma_1^2 (\gamma_0 - \gamma_2) - \gamma_0 \gamma_2^2 = (\gamma_0 - \gamma_2) [\gamma_0 (\gamma_0 + \gamma_2) - 2\gamma_1^2], \\ \Gamma_{AA} = \Gamma_{CC} = \gamma_0^2 - \gamma_1^2 = (\gamma_0 + \gamma_1) (\gamma_0 - \gamma_1), \\ \Gamma_{BB} = \gamma_0^2 - \gamma_2^2 = (\gamma_0 + \gamma_2) (\gamma_0 - \gamma_2), \\ \Gamma_{AB} = \Gamma_{BC} = \gamma_1 \gamma_2 - \gamma_0 \gamma_1 = -\gamma_1 (\gamma_0 - \gamma_2), \\ \Gamma_{CA} = \gamma_1^2 - \gamma_0 \gamma_2. \end{cases}$$

Wykonajmy obliczenie dodatkowych przewodności poprzecznych dla trzech charakterystycznych przypadków linii trójfazowej napowietrznej o napięciach liniowych (międzyfazowych) 30, 110 i 220 kV (w liniach o niższych napięciach z pojemnością przewodów można nie liczyć się).

Założmy, że każda z tych linii ma być przesyłana moc zbliżona do mocy naturalnej. Jeżeli oznaczymy przez Z_f oporność falową jednej fazy linii (Ω), przez U napięcie fazowe (kV), to moc naturalna w jednej fazie linii będzie

$$P_{\text{nat}} = \frac{U^2}{Z_f} \cdot 10^3 \quad (\text{kW}).$$

Ponieważ oporność falowa jednej fazy linii trójfazowej jednofazowej $Z_f \approx 400\Omega$, otrzymamy w wymienionych trzech przypadkach przybliżone wartości mocy naturalnej podane w tabl. I.

Tablica I

Napięcie znamionowe liniowe (kV)	30	110	220
Napięcie znamionowe fazowe (kV)	17,3	63,5	127
Moc naturalna w jednej fazie (kW)	750	10000	40000

Założmy, że przewody linii o napięciu 30 kV są aluminiowe, a przewody linii o napięciach 110 i 220 kV stalo-aluminiowe, że linia jest obciążona na początku symetrycznie obciążoną wyżej mocą i że układ napięć na początku linii jest symetryczny, przy czym napięcia są o 10% wyższe od odpowiednich napięć znamionowych.

Wartości natężenia prądu i współczynnika mocy na początku linii są podane w tabl. II.

Tablica II

Napięcie fazowe na początku linii (kV)	19,00	69,85	139,70
Natężenie prądu na początku linii (A)	39,5	143	286
Współcz. mocy na początku linii	1	1	1

Założmy gęstość prądu w przewodach aluminiowych i stalo-aluminiowych ok. 1 A/mm² (przy rocznym czasie największego obciążenia linii ok. 3000 do 5000 godzin). Otrzymamy wówczas przekroje przewodów podane w tabl. III.

Tablica III

Napięcie znamionowe liniowe (kV)	30	110	220
Rodzaj przewodu	AL	AFL	AFL
Przekrój aluminium (mm ²)	50	150	377*
Promień zewnętrzny (cm)	0,45	0,865	1,40

* Przekrój zwiększony w celu uniknięcia ulotu (przekroje przewodów linii Śląsk—Łódź—Warszawa).

W tabl. IV są zestawione dane linii wybranych do badania, przy czym w tablicy tej są przytoczone przyjęte wartości odstępów między sąsiednimi przewodami (b), zawieszonymi według układu płaskiego, oraz średnie odległości przewodów od ziemi (h — z uwzględnieniem zwisów).

Według wzorów (15'), (15'') i (15''') obliczamy odpowiednie wartości współczynników potencjalnych i wyznaczników. Wyniki obliczeń są zestawione również w tabl. IV.

Opierając się na obliczonych wartościach wyznaczników obliczamy według wzorów (13) i (14) dodatkowe przewodności poprzeczne — czynne i bierne — w poszczególnych fazach linii,

Tablica IV

Wielkość	Jednostka	Napięcie znamionowe liniowe (kV)		
		30	110	220
s_{A1}	mm ²	50	150	377
r	cm	0,45	0,865	1,40
b	"	150	400	870
h	"	700	900	1400
H_1	"	1410	1844	2932
H_2	"	1432	1970	3297
γ_0	km/ μ F	144,628	137,394	136,689
γ_1	"	40,295	27,482	21,848
γ_2	"	28,134	16,188	11,495
Δ	(km/ μ F) ³	2532,4 $\times 10^3$	2374,5 $\times 10^3$	2416,3 $\times 10^3$
$\Gamma_{AA} = \Gamma_{CC}$	(km/ μ F) ²	19294	18122	18207
Γ_{BB}	"	20126	18615	18552
$\Gamma_{AB} = \Gamma_{BC}$	"	-4694	-3331	-2735
Γ_{CA}	"	-2445	-1469	-1094

czyli odchyłki od wartości tych przewodności w przypadku symetrii pojemnościowej. Wyniki obliczeń przy częstotliwości 50 Hz są zestawione w tabl. V.

Tablica V. Niesymetria przewodności poprzecznych (μ S/km)

Faza	Napięcie znamionowe linii (kV)					
	30		110		220	
	ΔG	ΔB	ΔG	ΔB	ΔG	ΔB
A	-0,246	-0,0823	-0,214	-0,0630	-0,184	-0,0503
B	0	+0,1646	0	+0,1260	0	+0,1006
C	+0,246	-0,0823	+0,214	-0,0630	+0,184	-0,0503

Przewodność poprzeczna czynna poszczególnych faz linii symetrycznej pod względem pojemnościowym (przeplecionej), w której nie występuje ulot, jest praktycznie równa zero; stopień niesymetrii w przewodnościach poprzecznych czynnych poszczególnych faz linii niesymetrycznej pod względem pojemnościowym można więc ocenić tylko na podstawie różnic między poprzecznymi stratami mocy czynnej w poszczególnych fazach linii, a więc różnic między obciążeniami czynnymi poszczególnych faz linii.

Zakładając, że średnie napięcie robocze linii jest o 5% wyższe od napięcia znamionowego linii, dodatkowa poprzeczna strata mocy czynnej w jednej fazie linii o napięciu znamionowym U (w kV) i długości l (w km) wyniesie

$$(16) \quad \Delta P = \Delta G (U \cdot 1,05)^2 \cdot l \cdot 10^{-3} \quad (\text{kW}),$$

przy czym dodatkowa przewodność poprzeczna czynna ΔG jest w tym wzorze wyrażona w μ S/km.

Zakładając następujące długości linii o podanych napięciach znamionowych liniowych:

$$U_1 = 30 \text{ kV} \quad l = 40 \text{ km},$$

$$U_1 = 110 \text{ kV} \quad l = 150 \text{ km},$$

$$U_1 = 220 \text{ kV} \quad l = 300 \text{ km},$$

otrzymamy podane w tabl. VI wartości dodatkowych poprzecznych czynnych strat mocy, w poszczególnych fazach linii zarówno w kilowatach, jak i w procentach mocy wysyłanej. Z ze-

Tablica VI. Dodatkowa poprzeczna strata mocy czynnej

Faza	Napięcie znamionowe linii (kV)					
	30		110		220	
	kW	% mocy wysył.	kW	% mocy wysył.	kW	% mocy wysył.
A	-3,25	-0,433	-143	-1,43	-980	-2,45
B	0	0	0	0	0	0
C	+3,25	+0,433	+143	+1,43	+980	+2,45

stawienia tego wyniku, że niesymetria w poprzecznych przewodnościach czynnych daje się dotkliwie odczuwać dopiero w liniach o napięciu 220 kV, różnica bowiem między mocami przesyłanymi przewodami skrajnymi jest już znaczna i wynosi około $2 \times 980 = 1960$ kW, czyli około 4,9% mocy wysyłanej.

W tabl. VII są podane odchyłki procentowe przewodności poprzecznych biernych (pojemnościowych) poszczególnych faz w wymienionych wyżej trzech przypadkach linii o płaskim układzie przewodów w stosunku do wartości tych przewodności

w linii symetrycznej pod względem pojemnościowym (przeplecionej), przy czym odchyłki ujemne dotyczą przewodów skrajnych, a odchyłki dodatnie — przewodu środkowego.

Tablica VII. Niesymetria przewodności poprzecznych biernych pojemnościowych (%)

Faza	Napięcie znamionowe linii (kV)		
	30	110	220
A	-2,84	-2,28	-1,90
B	+5,68	+4,56	+3,80
C	-2,84	-2,28	-1,90

Wartości przewodności pojemnościowych poprzecznych linii przeplecionej są obliczone¹⁾ według wzoru

$$(17) \quad B_0 = \omega \frac{0,02415}{\lg \frac{2 \cdot h \cdot b_{sr}}{r \cdot H_{sr}}} \left(\frac{\mu S}{\text{km}} \right),$$

przy czym w przypadku układu płaskiego przewodów

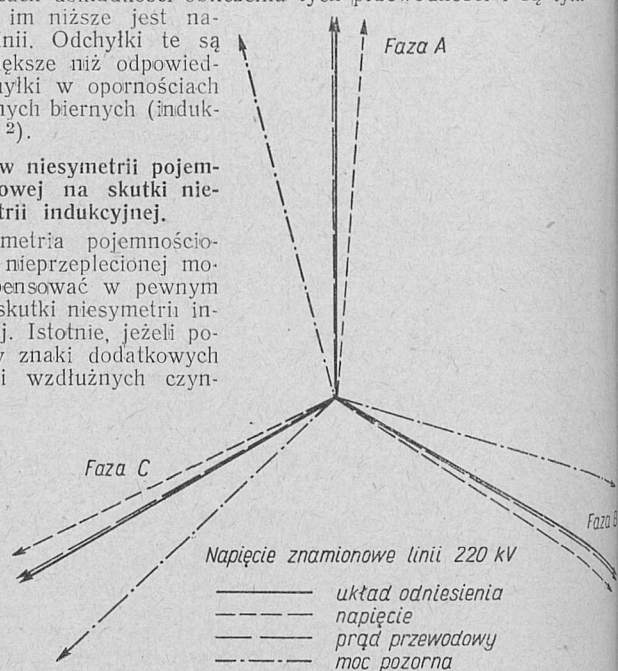
$$b_{sr} = 1,26 b, \quad H_{sr} = \sqrt[3]{H_1^2 \cdot H_2}$$

Wartości r , b , h , H_1 i H_2 są podane w tabl. IV.

Odchyłki w przewodnościach poprzecznych biernych (pojemnościowych) są zawarte, jak to wynika z tabl. VII, niemal w granicach dokładności obliczenia tych przewodności i są tym większe, im niższe jest napięcie linii. Odchyłki te są nieco większe niż odpowiednie odchyłki w opornościach wzdłużnych biernych (indukcyjnych)²⁾.

4. Wpływ niesymetrii pojemnościowej na skutki niesymetrii indukcyjnej.

Niesymetria pojemnościowa linii nieprzeplecionej może kompensować w pewnym stopniu skutki niesymetrii indukcyjnej. Istotnie, jeżeli porównamy znaki dodatkowych oporności wzdłużnych czyn-



Rys. 3. Wykres wektorowy napięć, prądów i mocy pozornych na końcu linii trójfazowej napowietrznej 220-kilowoltowej o płaskim układzie przewodów nieprzeplecionych w porównaniu z symetrycznym układem wektorów

ných²⁾ i przewodności poprzecznych czynnych (tabl. V) w przewodach skrajnych (w tych bowiem tylko przewodach występuje niesymetria wymienionych oporności i przewodności), to stwierdzimy, że znaki te są w danej fazie przeciwne. To znaczy, że jeżeli w danej fazie występuje wskutek niesymetrii indukcyjnej dodatkowa strata mocy czynnej spowodowana dodatkową dodatnią opornością wzdłużną czynną przewodu, to jednocześnie występuje w tej samej fazie, wskutek niesymetrii pojemnościowej, zysk mocy czynnej (ujemna strata mocy) spowodowany dodatkową ujemną przewodnością poprzeczną czynną tej fazy i odwrotnie.

Inny jest wpływ obu niesymetrii na przesył mocy biernych w linii nieprzeplecionej; niesymetria pojemnościowa raczej wzmaga niesymetrię mocy biernych spowodowaną niesymetrią indukcyjną. Aczkolwiek znaki dodatkowych oporności wzdłużnych biernych (indukcyjnych)²⁾ i przewodności poprzecznych biernych (pojemnościowych wg tabl. V) są w przewodach tej samej fazy przeciwne, a zatem w fazie, w której wystąpi do-

¹⁾ Kończykowski S. Obliczanie sieci elektroenergetycznych, t. I 1953.

²⁾ Kończykowski S. Analiza niesymetrii indukcyjnej linii trójfazowych o niesymetrycznym układzie przewodów (Przegl. Elektr., 1954, z. 4, str. 223).

datkowa wzdłużna strata mocy biernej wystąpi jednocześnie zysk poprzecznej mocy biernej (ujemna strata mocy), to jednak wzrost oporności wzdłużnej biernej spowodowany niesymetrią indukcyjną jest stosunkowo nieznaczny (w porównaniu ze wzrostem oporności wzdłużnej czynnej)³⁾, nieznaczna jest zatem dodatkowa wzdłużna strata mocy biernej, natomiast zysk poprzecznej mocy biernej jako proporcjonalny do kwadratu napięcia fazowego linii będzie niewątpliwie znacznie większy od dodatkowej wzdłużnej straty mocy. Innymi słowy, nastąpi przekompensowanie niesymetrii mocy biernej spowodowanej niesymetrią indukcyjną przez niesymetrię pojemnościową, a więc wzmożenie niesymetrii mocy biernej w poszczególnych fazach linii.

5. Wnioski dotyczące przeplatania przewodów.

Skutki niesymetrii indukcyjnej zależą głównie od przekroju przewodów oraz natężenia prądu i są tym dotkliwsze, im większy jest przekrój przewodów i większe natężenie prądu (większe moce i niższe napięcia), natomiast skutki niesymetrii pojemnościowej zależą głównie od napięcia linii i są tym dotkliwsze, im wyższe jest napięcie linii. Aczkolwiek różnice między parametrami poprzecznymi (przewodnościami poprzecznymi czynnymi i przewodnościami poprzecznymi biernymi) poszczególnych faz linii niesymetrycznej pod względem pojemnościowym a odpowiednimi parametrami tej samej linii przeplecionej są tym mniejsze im wyższe jest napięcie linii (por. tabl. V), niemniej jednak różnice w poprzecznych stratach mocy fazowych (wywołane różnicami w wymienionych parametrach poprzecznych), jako proporcjonalne do kwadratu napięcia fazowego linii, będą tym większe, im wyższe jest to napięcie. Moce przesyłane poszczególnymi fazami będą więc różniły się tym więcej, im wyższe jest napięcie linii.

Stąd wniosek, że linie, w których pojemność nie odgrywa dużej roli, muszą być przeplatane tylko w przypadku znacznych przekrojów i wielkich natężeń prądu, natomiast linie, w których pojemność odgrywa bardzo dużą rolę, muszą być z reguły przeplatane bez względu na przekrój przewodów. Nawiasem mówiąc, przekroje przewodów są w tego rodzaju liniach z reguły znaczne ze względu na znaczne przesyłane moce.

6. Przykłady skutków niesymetrii indukcyjnej i pojemnościowej w liniach napowietrznych o napięciu 30, 110 i 220 kV i płaskich układach przewodów.

W celu zilustrowania skutków niesymetrii indukcyjnej i pojemnościowej w typowych liniach napowietrznych o płaskim układzie przewodów nieprzeplecionych i napięciach 30, 110 i 220 kV obliczono odchyłki oporności wzdłużnych (czynnych i biernych) oraz przewodności poprzecznych (czynnych i biernych) w poszczególnych fazach linii, jak również odchyłki napięć, prądów oraz mocy na końcu linii w stosunku do wartości tych samych wielkości w przypadku linii przeplecionej, tj. symetrycznej pod względem indukcyjnym i pojemnościowym.

Dane badanych linii i warunki na początku tych linii są zestawione wyżej w tabl. I do IV. Przewodność właściwą przewodów aluminiowych i warstwy aluminiowej przewodów stalo-aluminiowych przyjęto $\gamma = 33 \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2}$. W obliczeniu oporności

czynnych przewodów uwzględniono przekroje rzeczywiste. Długość linii przyjęto według założeń do zestawienia tabl. VI.

Odchyłki oporności wzdłużnych i przewodności poprzecznych w poszczególnych fazach linii nie są tu podane, interesujące są bowiem tylko skutki niesymetrii ujawniające się w niesymetrii napięć, prądów i przesyłanych mocy.

Tabl. VIII podaje obliczone odchyłki napięć, prądów oraz mocy na końcu linii w poszczególnych fazach linii nieprzeplecionej w stosunku do wartości tych samych wielkości w przypadku linii przeplecionej, tj. symetrycznej pod względem indukcyjnym i pojemnościowym. Z danych tablicy wynika, że niesymetria napięć, prądów i mocy na końcu linii nieprzeplecionej przy zupełnej symetrii tych wielkości na początku linii jest w przypadku linii 30-kilowoltowej zupełnie nieistotna, niesymetria bowiem wyraża się w ułamkach procentu, nie przekraczając 0,5% dla wymienionych wielkości i 15' dla kątów przesunięcia fazowego. Mała niesymetria w linii 30-kilowoltowej tłumaczy się stosunkowo małym przekrojem (średnicą) przewodów ($A1 = 50 \text{ mm}^2$) oraz znikomo małą pojemnością linii. W linii 110-kilowoltowej niesy-

Tablica IX.

Największa różnica mocy w poszczególnych fazach			Napięcie znamionowe liniowe (kV)		
			30	110	220
Moce czynne	z uwzględnieniem pojemności	kV	1,28	118,68	917,54
	bez uwzględnienia pojemności		4,75	232,66	1849,57
Moce bierne	z uwzględnieniem pojemności	kVAr	4,57	249,27	2007,05
	bez uwzględnienia pojemności		1,38	67,21	541,97

metria jest, rzecz prosta, nieco większa, lecz również nieznaczna, wyraża się bowiem przeważnie w ułamkach procentu i nie przekracza 2% dla napięć, prądów oraz mocy i nie przekracza 56' dla przesunięć fazowych. Dopiero w linii 220-kilowoltowej niesymetria zaznacza się zupełnie wyraźnie, w szczególności dla mocy. Przy 220 kV niesymetria wynosi od ułamków procentu do ok. 4,5% dla napięć, prądów i mocy pozornych i od ułamków stopnia do z górą 16° dla przesunięć fazowych. Znaczna niesymetria występuje w mocach czynnych i biernych.

Niesymetria w mocach zarówno czynnych, jak i biernych, przesyłanych linią nieprzeplecioną, osiąga w liniach o bardzo wysokim napięciu duże wartości. W zakresie mocy czynnych zjawisko to należy przypisać przede wszystkim wielkim przekrojom przewodów, w zakresie mocy biernych przede wszystkim pojemności linii.

Na rys. 3 podano wykres wektorowy ilustrujący niesymetrię napięć, prądów i mocy pozornych na końcu linii 220-kilowoltowej nieprzeplecionej. Jako układ odniesienia przyjęto

Tablica VIII.

Odchyłki		N a p i ę c i e z n a m i o n o w e l i n i i (kV)								
		30			110			220		
		F a z a								
		A	B	C	A	B	C	A	B	C
Napięcie	(kV)	− 0,05	+ 0,01	+ 0,08	− 1,01	− 0,36	+ 0,60	− 2,99	− 0,35	+ 5,98
	(%)	− 0,28	+ 0,06	+ 0,45	− 1,55	− 0,55	+ 0,92	− 2,29	− 0,27	+ 4,58
	Kąt faz.	−	+ 0°5′	− 0°2′	− 0°13′	+ 0°19′	− 0°2′	− 4°56′	− 3°45′	− 4°14′
Prąd przewodowy	(A)	+ 0,19	+ 0,03	− 0,17	+ 2,49	− 0,30	− 2,80	+ 7,74	+ 1,80	− 5,60
	(%)	+ 0,48	+ 0,08	− 0,43	+ 1,72	− 0,21	− 1,94	+ 2,48	+ 0,62	− 1,92
	Kąt faz.	+ 0°7′	− 0°10′	+ 0°5′	+ 0°24′	− 0°37′	− 0°4′	+ 1°6′	− 0°44′	− 0°13′
Moc pozorna	(kVA)	+ 1,38	+ 0,93	+ 0,09	+ 14,38	− 71,53	− 98,10	+ 116,59	+ 132,57	+ 978,36
	(%)	+ 0,19	+ 0,13	+ 0,01	+ 0,15	− 0,76	− 1,04	+ 0,31	+ 0,35	+ 2,57
	Kąt faz.	+ 0°7′	− 0°15′	+ 0°7′	+ 0°37′	− 0°56′	− 0°2′	+ 16°2′	+ 13°1′	+ 14°1′
Moc czynna	(kW)	+ 1,37	+ 0,86	+ 0,09	+ 20,78	− 81,70	− 97,90	+ 2334,04	+ 2151,50	+ 3069,04
	(%)	+ 0,19	+ 0,12	+ 0,01	+ 0,22	− 0,87	− 1,04	+ 6,51	+ 6,01	+ 8,58
Moc bierna	(kVAr)	+ 1,37	− 3,15	+ 1,42	+ 100,85	− 148,42	+ 0,49	+ 10386,91	+ 8379,86	+ 8956,43
	(%)	+ 9,10	− 20,9	+ 9,43	+ 17,15	− 25,21	+ 8,33	+ 79,6	+ 64,2	+ 68,6

³⁾ Ob. odsyłacz 2) na str. 438.

układ symetryczny wektorów napięć, prądów i mocy pozornych na końcu linii przeplecionej, czyli symetrycznej pod względem indukcyjnym i pojemnościowym, przy czym napięcia, prądy i moce pozorne wyrażono w tym przypadku tym samym układem wektorów, przyjmując długości poszczególnych wektorów równo 100%.

W celu przekonania się o wpływie pojemności linii nieprzeplecionej na niesymetrię mocy czynnych i biernych w poszczególnych fazach wykonano jeszcze obliczenia tej niesymetrii, uwzględniając tylko indukcyjność linii, a pomijając jej pojemność, tj. uwzględniając tylko oporność wzdłużną (czynną i bierną) linii.

INŻ. JAN NASIŁOWSKI
INŻ. WIESŁAW SERUGA

Zakład Trakcji Elektrycznej
Instytutu Elektrotechniki

Tr e ś ć. Zagadnienia techniczne, które należy rozwiązywać przy projektowaniu zwarciozni prądu stałego. Poszczególne typy zwarciozni prądu stałego z punktu widzenia źródła energii zwarciozni i urządzeń przetwórczych.

Проблемы лабораторий коротких замыканий постоянного тока. Технические вопросы которые приходится решать при проектировании таких лабораторий. Различные типы лабораторий коротких замыканий с точки зрения источника энергии и преобразовательных устройств.

Problems of D. C. short-circuit testing stations. Engineering problems to be solved in designing D. C. short-circuit testing stations. Individual types of such stations reviewed from the point of short-circuit power source and converter equipment.

1. Wstęp.

Prąd stały jest powszechnie stosowany w przemysłach: chemicznym, okrętowym i hutniczym, w transporcie górniczym oraz w trakcji elektrycznej (koleje główne i podmiejskie oraz komunikacja miejska). Całkowicie i szybkie uwolnienie się od importu urządzeń prądu stałego, a w tym i łączników (wyłączniki, bezpieczniki, styczniki itp.), przez uruchomienie ich produkcji w kraju jest jednym z podstawowych zadań naszego przemysłu aparatów elektrycznych. Jakość produkowanych aparatów musi przy tym w pełni odpowiadać naszym potrzebom i wymaganiom, a przecież wiele aparatów produkuje się w kraju po raz pierwszy, brak więc nam odpowiedniego doświadczenia w zakresie konstrukcji i technologii aparatów prądu stałego. Skonstruowanie dobrego wyłącznika szybkiego, czy też bezpiecznika prądu stałego na 3 kV jest rzeczą trudną, nie ma bowiem metod obliczania aparatów — są zaledwie zasady konstrukcji. Wiele poważnych firm zagranicznych o długoletnim doświadczeniu nie potrafiło dotąd w sposób całkowicie zadowalający rozwiązać konstrukcji aparatów 3-kilowoltowych prądu stałego.

O wartości wyłączników elektrycznych decyduje ich zdolność do wyłączania zwarć i zachowania się w warunkach zwarciowych. Ponieważ wyłączalność aparatów niesposób — przy obecnym stanie wiedzy — obliczyć, przeto koniecznością jest prowadzenie odpowiednich prób zwarciowych, gdyż te dopiero pozwalają ocenić wartość konstrukcji i zakres jej zastosowania oraz uruchomić produkcję seryjną.

Prócz badania prototypowych wyłączników szybkich i bezpieczników, które powinno być wykonywane w możliwie najszerszym zakresie, każdy typ aparatu powinien być poddawany okresowym próbom kontrolnym celem sprawdzenia, czy odpowiada danym znamionowym, czy jakość produkcji nie obniżyła się.

Obecnie próby zwarciowe łączników prądu stałego przeprowadza się bezpośrednio w eksploatacji. Ilość tych prób musi być więc ograniczona do niezbędnego minimum, co praktycznie biorąc uniemożliwia prowadzenie prób konstruktorskich. Tak więc wykonywane doraźne próby zwarciowe w eksploatacji mają jedynie charakter prób odbiorczych.

Brak odpowiedniego laboratorium — zwarciozni prądu stałego — uniemożliwia należyty rozwój polskiej myśli konstruktorskiej, jak i systematycznych badań nad warunkami gaszenia łuku prądu stałego, co jest zasadniczą przyczyną niezadowalającej jakości aparatów.

Coraz bardziej powiększający się asortyment produkowanych łączników elektrycznych prądu stałego czyni budowę w kraju odpowiedniej zwarciozni sprawą ważną i pilną. Świadczy o tym wypowiedź uczestników konferencji wyłącznikowej PAN w lutym r. Zakład Trakcji Elektrycznej Instytutu Elektrotechniki prowadzi obecnie prace wstępne związane z tym zagadnieniem. Budowa zwarciozni prądu stałego przewidziana jest w pierwszych latach najbliższego pięciolecia.

2. Obecny stan zagadnienia.

W roku 1951 Zakład Trakcji Elektrycznej IELu opracował projekt wstępny laboratorium wielkiej mocy prądu stałego, obejmującego również zwarciozni, której pierwotna koncepcja opierała się przede wszystkim na materiale zawartym w radzieckiej normie na wyłączniki szybkie GOST 2585-44.

Największe różnice mocy czynnych i mocy biernych w poszczególnych fazach na końcu linii nieprzeplecionej, będące wynikiem niesymetrii zarówno indukcyjnej, jak i pojemnościowej, bądź tylko niesymetrii indukcyjnej (w przypadku pominięcia pojemności linii) są podane w tabl. IX. Z tablicy wynika, że pojemność linii łagodzi w znacznym stopniu niesymetrię w mocach czynnych spowodowaną niesymetrią indukcyjną linii. Przeciwnie zjawisko występuje w stosunku do mocy biernych, pojemność bowiem linii wzmacnia niesymetrię w mocach biernych spowodowaną niesymetrią indukcyjną. Wyniki obliczeń przykładowych potwierdzają więc w zupełności wnioski wynikające z rozważań teoretycznych.

Problemy zwarciozni prądu stałego

621.3.014.3/36:621.3.024

Zwarcioznię (według projektu wstępnego) podzielono na dwie części — 3300 V i 825 V. Dla obu zakresów napięciowych zadano ustalonego prądu zwarciowego 40 kA. Źródłem energii dla zakresu 3300 V miał być generator zwarciowy prądu zmiennego (ze zwarciozni prądu zmiennego IE1), który przez transformator i prostownik rtęciowy zasilany obwód zwarciowy. Źródłem prądu stałego dla zakresu 825 V miały być generatory prądu stałego, wyposażone w koła zamachowe.

Dziś powyższy projekt jest już w wielu punktach nieaktualny. Według opinii wybitnych polskich specjalistów zakres napięć roboczych powinien obejmować następujące wartości: 110, 220, 440, 600, 750, 825, 1100, 1500, 1800, 3000, 3300, 4000 V, co znaczy, że żąda się płynnej regulacji napięcia w granicach od 100 do 4000 V.

Próby zwarciowe wyłączników szybkich i bezpieczników na podstawach trakcyjnych oraz badania nad udarową przeciążalnością maszyn elektrycznych prądu stałego, przeprowadzone w latach 1951—53 przez Zakład Trakcji Elektrycznej IELu, oraz próby wyłączników szybkich typu WAB-2 w zwarciozni czechosłowackiej w 1953 r. dały tyle nowego materiału, że dziś jest możliwa i konieczna modyfikacja pierwotnego projektu zwarciozni.

3. Wymagania ogólne.

Nowobudowana zwarciozni prądu stałego powinna umożliwiać badanie wszelkiej aparatury prądu stałego; stąd wynika konieczność zapewnienia szerokiego zakresu zmienności napięcia od 100 do 4000 V. Taki zakres umożliwia uzyskanie wszelkich praktycznie spotykanych napięć znamionowych aparatów prądu stałego z uwzględnieniem zwykłej wartości napięcia przy próbach wyłączania niewielkich prądów.

W sprawie ustalonego prądu zwarciowego norma GOST 2585-44 żąda, żeby wyłączniki szybkie były badane w obwodzie, w którym mogłby ustalić się prąd zwarciowy co najmniej 40 kA. Oczywiście, duży prąd zwarciowy popłynąłby tylko w przypadku niezadziałania badanego aparatu, tzn. przy zwarciu metalicznym. Żądanie powyższe narzuca minimalną oporność obwodu zwarciowego. Dodatkowe oporniki powinny umożliwiać regulację ustalonego prądu zwarciowego w szerokich granicach przy stałej wartości napięcia.

Przy stałej wartości napięcia prąd zwarciowy w obwodzie może narastać szybciej lub wolniej, zależnie od indukcyjności obwodu. Wymieniona wyżej norma żąda, żeby przepisowe próby zwarciowe wykonywać w obwodzie praktycznie bezindukcyjnym przy początkowej stromości narastania prądu zwarciowego większej niż $2 \cdot 10^6$ A/s. Jednakże dla odtworzenia eksploatacyjnych warunków pracy wyłącznika czy bezpiecznika konieczne jest posiadanie w zwarciozni odpowiednich dławików, umożliwiających regulację początkowej stromości narastania prądu zwarciowego w granicach od $1,5 \cdot 10^5$ A/s do $3,5 \cdot 10^6$ A/s.

Według wymagań normy czas własny badanego wyłącznika nie powinien przekroczyć 5 milisekund, jednakże przy badaniach prototypów należy liczyć się ze znacznie dłuższymi czasami — do 10 ms. Oznacza to późniejsze włączenie łuku elektrycznego w obwód, a więc przy danej stromości narastania prądu zwarciowego mniejsze jego ograniczenie.

Według wymagań normy GOST 2585-44 badany wyłącznik powinien zlikwidować zwarcie w obwodzie nieindukcyjnym w ciągu 20 ms. Jednakże przy otwarzaniu warunków eksploata-

cyjnych obecność indukcji w obwodzie spowoduje znaczne przedłużenie czasu trwania zwarcia i należy liczyć się z czasem rzędu 60 ms, a w przypadku wadliwej pracy badanego aparatu ograniczony prąd zwarciaowy może płynąć w ciągu 150–250 ms, aż do czasu zadziałania wyłącznika bezpieczeństwa.

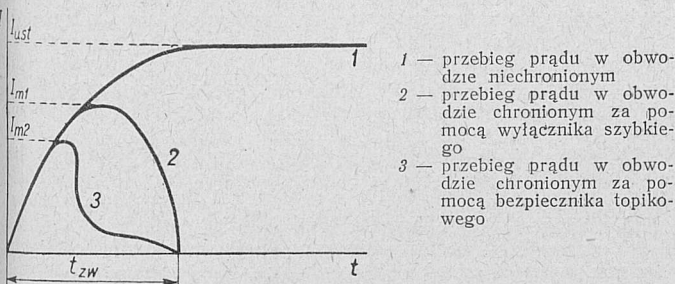
Izolacja poszczególnych elementów obwodu zwarciaowego powinna być tak dobrana, żeby nie były dla niej groźne przepięcia, pojawiające się w obwodzie w toku wyłączania zwarcia. Przy badaniu aparatów 3-kilowoltowych należy liczyć się z przepięciami między stykami badanego aparatu, dochodzącymi do 8–9 kV, a niekiedy nawet do 12 kV.

Aparatura pomiarowa i sterownica zwarciaowni powinna umożliwiać wykonywanie cykli zwarciaowych, polegających na wielokrotnym załączaniu badanego wyłącznika na zwarcie. Po każdym samoczynnym wyłączeniu zwarcia następowałaby krótkotrwała przerwa. Norma GOST 2585-44 żąda wykonywania przy próbach wyłączników cykli:

W — 10 — ZW — 10 — ZW — 30 — ZW,

gdzie W oznacza samoczynne wyłączenie zwarcia przez badany wyłącznik, ZW — załączenie badanego wyłącznika na uprzednio zwarty obwód i następujące po nim samoczynne wyłączenie, 10 i 30 oznaczają odstępy czasu między poszczególnymi operacjami w sekundach.

Dodatkowo żąda się, żeby zespoły maszyn zainstalowane w zwarciaowni można było wykorzystać do zwrotu energii do sieci prądu zmiennego przy długotrwałych próbach obciążenia prostowników rtęciowych dużej mocy (2,5 MVA). Tracenie dużych ilości energii w opornikach wodnych mogłoby być stosowane jedynie w tym przypadku, gdyby zwrot energii do sieci był niemożliwy ze względów technicznych. Obciążanie prostowników przy próbach opornikami wodnymi zwiększyłoby moc zasilania do 4 MVA (próba przeciążenia prostownika). Poza tym próby



Rys. 1. Przebiegi prądowe w obwodzie zwarciaowym prądu stałego

te mogłyby być przeprowadzane praktycznie jedynie w nocy i po uprzednim uzgodnieniu ich z energetyką.

Możliwości realizacyjne wymienionych wymagań omówione będą niżej.

4. Typy zwarciaowni prądu stałego.

Laboratoria zwarciaowe prądu stałego można podzielić na dwie zasadnicze grupy: a) zwarciaownie zastępcze, b) zwarciaownie właściwe.

Grupę pierwszą stanowią urządzenia, które zasadniczo nie są przeznaczone do zasilania prób zwarciaowych na prądzie stałym, a które są wykorzystywane do tego celu jedynie z powodu braku zwarciaowni właściwej. Do tej grupy należy zaliczyć zwarciaownię o obniżonej częstotliwości prądu zmiennego, zwarciaownię eksploatacyjną oraz zwarciaownię wzbudnicową. W zwarciaowniach zastępczych nie można przeprowadzać szeregu prób ze względów natury technicznej lub eksploatacyjnej; ponadto próby zwarciaowe mogą być wykonywane w ograniczonej w stosunku do potrzeb ilości. Z tego względu zwarciaownię zastępczą należy zawsze traktować jako rozwiązanie przejściowe do czasu wybudowania zwarciaowni właściwej.

Do grupy drugiej należą obiekty laboratoryjne, przeznaczone wyłącznie do przeprowadzania w nich różnego rodzaju prób zwarciaowych. Umożliwiają one wykonywanie zasadniczo dowolnej ilości prób zwarciaowych w powtarzalnych warunkach. Zwarciaownie właściwe są budowane jako generatorowe lub prostownikowe, przy czym w tym ostatnim przypadku prostowniki mogą być zasilane bądź z sieci energetycznej, bądź z generatora zwarciaowego prądu zmiennego.

5. Zwarciaownia zastępcza o obniżonej częstotliwości prądu zmiennego.

Ze względu na znacznie większe rozpowszechnienie zwarciaowni prądu zmiennego niż stałego oraz z uwagi na duże koszty tego rodzaju laboratoriów powstała myśl wyzyskania zwarciaowni prądu zmiennego do prób aparatury prądu stałego. Kon-

ceptę taką uzasadnia charakter przebiegów prądowych w obwodzie zwarciaowym prądu stałego. Na rys. 1 podany jest przebieg narastania prądu zwarciaowego w obwodzie prądu stałego niechronionym (krzywa 1) oraz w obwodzie chronionym przez wyłącznik (krzywa 2) lub przez bezpiecznik topikowy (krzywa 3).

Narastanie prądu przebiega według zależności

$$i = \frac{E}{R} \left(1 - e^{-\frac{t}{T}} \right)$$

przy oznaczeniach: E — siła elektromotoryczna źródła prądu, R — oporność obwodu zwarciaowego, $T = L/R$ — stała czasu obwodu zwarciaowego. W obwodzie niechronionym prąd zwarciaowy osiąga wartość ustaloną. W obwodzie chronionym łuk elektryczny, pojawiający się między stykami łącznika, powoduje ograniczenie prądu zwarciaowego do pewnej wartości maksymalnej I_m , znacznie mniejszej od ustalonej wartości prądu. Maksymalna wartość prądu ograniczonego zależy od szybkości narastania prądu zwarciaowego, od czasu przedłukowego badanego łącznika, od intensywności gaszenia łuku przez badany łącznik oraz od napięcia źródła prądu.

Z rys. 1 widać, że w obwodzie chronionym przebiegi prądu mają charakter zbliżony do sinusoidy. Wynika z tego, że w przypadku zastosowania jako źródła prądu prądnicy prądu zmiennego należy tak dobrać elementy obwodu, żeby odtworzyć warunki narastania prądu zwarciaowego stosownie do wymagań prób przy prądzie stałym. W tym celu załączenie na zwarcie musi być uzgodnione z przebiegiem sinusoidy prądu i odbywać się w chwili naturalnego jej przejścia przez zero.

Wydłużenie okresu sinusoidy prądu zmiennego musi być takie, ażeby cały proces wyłączania zawierał się w granicach jednej czwartej okresu (rys. 2). W przypadku, gdy $t_{zw} > \frac{1}{4f}$,

proces gaszenia łuku odbywałby się już po przejściu sinusoidy napięcia i prądu przez wartość szczyłową, co ułatwiałoby pracę badanego łącznika.

Jeśli badany aparat działa stosunkowo powoli, to niezbędne jest znaczne obniżenie częstotliwości. Jednakże zbyt duże obniżenie częstotliwości jest również niepożądane, bo wówczas zwarcie może być przerwane już w czasie narastania napięcia, a więc przy niższej jego wartości, co również ułatwiłoby warunki pracy badanego aparatu.

Pomijając przepięcie, które powstaje w chwili przerywania obwodu zwarciaowego, napięcie na zaciskach źródła zasilającego po przerywaniu prądu zwarciaowego musi być równe jego napięciu znamionowemu i utrzymać się tam przez pewien czas celem sprawdzenia, czy wytrzymałość dielektryczna zjonizowanej przestrzeni połukowej jest wystarczająca, czy nie powstają powtarzalne zapłony łuku.

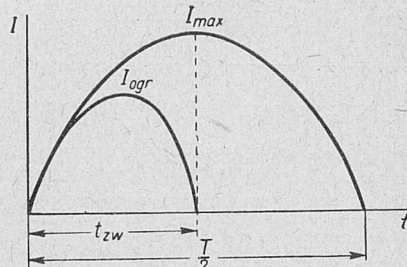
Badania zwarciaowe wyłączników szybkich w eksploatacji wykazały, że przy dobrej pracy badanego aparatu czas trwania zwarcia wynosił ok. 60 ms. Do tej wartości należałoby więc dopasować obniżenie częstotliwości generatora prądu zmiennego.

Celem zadośćuczynienia nierówności $t_{zw} \leq \frac{1}{4f}$ należałoby przy $t_{zw} = 60$ ms obniżyć częstotliwość generatora prądu zmiennego co najmniej dwunastokrotnie.

Ponieważ obniżanie częstotliwości odbywa się przez zmniejszanie prędkości generatora, więc przy tym znacznie maleje zasób energii kinetycznej nagromadzonej w układzie wirującym generatora. Stosownie do wzoru $E_k = \frac{I\omega^2}{2}$ energia kinetyczna

zmalałaby 144-krotnie, a więc wątpliwą staje się techniczna realność tego rodzaju prób bez wyposażenia generatora w specjalne dodatkowe koła zamachowe.

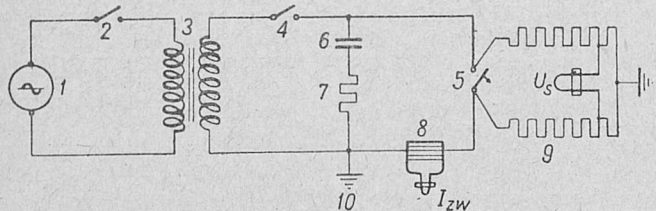
Przy zmniejszaniu prędkości maleje wartość napięcia generatora. Jeśli napięcie jałowego biegu generatora wynosi 8,5 kV, a przy przewzbudzeniu go 11 kV, to dwunastokrotne zmniejszenie prędkości obrotowej spowoduje zmniejszenie maksymalnej wartości napięcia do $U_{max} = \sqrt{2} \frac{11000}{12} = 1300$ V. Dla wyższych napięć musi być przeto stosowany transformator podwyż-



Rys. 2. Przebiegi prądowe w zwarciaowni zastępczej

szający napięcie zależnie od potrzeb. Ze względu na niską częstotliwość musi to być transformator specjalny.

W celu stworzenia odpowiednich warunków odbudowy napięcia powrotnego konieczne jest zastosowanie kondensatorów, podtrzymujących stałą jego wartość między stykami badanego aparatu, i taki dobór napięcia, by po zadziałaniu łącznika między jego stykami panowało napięcie równe co do wartości napięciu znamionowemu badanego aparatu. W ten sposób można uzyskać stałe co do wartości napięcie powrotne. Po upływie połowy okresu sinusoidy napięcia nastąpiłoby rozładowanie kondensatorów. Dla zapobieżenia temu zjawisku ko-



Rys. 3. Schemat ideowy zwarciozni zastępczej o obniżonej częstotliwości

- 1 - generator prądu zmiennego
- 2 - sterowany zdalnie stycznik dokonujący zwarcia
- 3 - transformator dopasowujący
- 4 - sterowany zdalnie wyłącznik, przerywający zasilanie przed momentem zmiany kierunku prądu dla niedopuszczania do rozładowania kondensatora
- 5 - łącznik badany
- 6 - kondensatory oddzielające napięcie powrotne
- 7 - oporniki ograniczające ładowanie i wyladowanie kondensatorów
- 8 - bocznik do pomiaru prądu zwarcioowego
- 9 - układ do pomiaru napięcia między stykami
- 10 - uziemienie ochronne

nieczne jest odpowiednio wczesne przerwanie zasilania pomocniczym wyłącznikiem.

Schemat ideowy opisanej zwarciozni zastępczej przedstawia rys. 3.

Z powyższych uwag wynika, że próby zastępcze przy obniżonej częstotliwości nastroją szereg jeszcze niedostatecznie rozwiązanych trudności, które obecnie znajdują się w stadium wstępnych rozważań teoretycznych.

Fakt, że kraje posiadające zwarcioownie prądu zmiennego nie korzystają z nich do prób aparatury prądu stałego, mówi sam za siebie. Nie należy więc przypuszczać, żeby tego rodzaju rozwiązanie mogło być brane pod uwagę przy budowie w kraju zwarcioowni prądu stałego. Dodatkowo przemawia za tym poglądem przewidywane duże obciążenie zwarcioowni prądu zmiennego.

6. Zwarcioownia zastępcza eksploatacyjna.

Próby zwarcioowe aparatów prądu stałego można wykonywać na podstacjach, które wówczas pracują jako zwarcioownie. Tego rodzaju eksploatacyjne próby zwarcioowe wykonuje Zakład Trakcji Elektrycznej IEL już od kilku lat. Decyzję ich rozpo-

częcia powzięto z braku w kraju odpowiedniej zwarcioowni prądu stałego przy konieczności sprawdzania jakości importowanych wyłączników szybkich. Próby te pozwoliły nagromadzić wiele cennego doświadczenia, wyjaśniły warunki pracy wyłączników szybkich w eksploatacji oraz dały negatywną ocenę dla szeregu importowanych wyłączników. Próby zwarcioowe eksploatacyjne wykonywane są na jednej z podstacji trakcyjnych PKP, przystosowanej do tego celu. Na rys. 4 podano schematycznie układ, w którym przeprowadzane są próby zwarcioowe aparatów 3-kilowoltowych. W tym układzie wykonywane są również próby zwarcioowe bezpieczników topikowych 3-kilowoltowych z tą tylko różnicą, że celem stworzenia dla badanego bezpiecznika ostrzejszych warunków prób odłącza się urządzenia wygładzające podstacji. Z punktu widzenia wygody pracy prostowniki ręciowe okazały się bardzo dobrym źródłem energii do zasilania zwarcia. Osiągnięto nawet dwudziestokrotne udarowe przeciążenia zaworów, przy czym wypadki zapłonów wstecznych lub przygasania łuku nie przekroczyły kilku procentów. Dwudziestokrotne przeciążenia zaworów występowały tylko sporadycznie przy małej mocy pracującej na zwarcie, normalnie maksymalne wielokrotności przeciążenia udarowego nie przekraczały liczby dziesięć, a podczas dobrej pracy badanego wyłącznika szybkiego zespoły prostownikowe nie były przeciążone więcej niż siedmiokrotnie w stosunku do ich prądu znamionowego.

Zalety zwarcioowni eksploatacyjnej są następujące: a) nie ma ograniczenia mocy w stosunku do potrzeb, gdyż moc zwarcioowa po stronie prądu zmiennego podstacji jest znacznie większa od mocy rozwijanej przez zwarcie po stronie prądu stałego; b) pozytywne wyniki prób zwarcioowych nie budzą najmniejszych zastrzeżeń, co do przydatności badanego aparatu w danych warunkach eksploatacyjnych.

Wady zwarcioowni eksploatacyjnej są następujące:

a) podstacja może pracować jako zwarcioownia jedynie w ciągu kilku godzin nocnej przerwy w ruchu pociągów elektrycznych, np. podstacje WWK mogą pracować jako zwarcioownie nie dłużej niż dwie godziny w ciągu jednej nocy; ostatnio wykonano kilka prób w dni świąteczne, kiedy obciążenie WWK jest mniejsze od normalnego, a obciążenie podstacji-zwarcioowni mogły przejść podstacje sąsiednie;

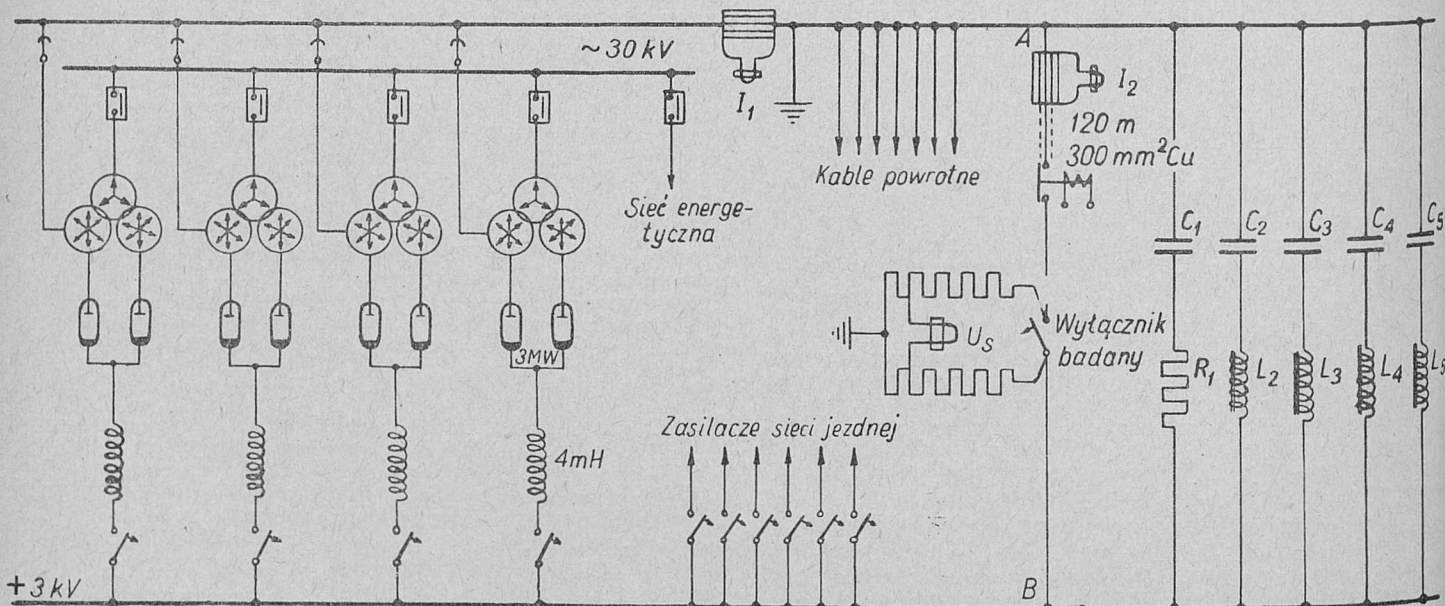
b) niska wydajność pracy, gdyż przygotowania zajmują wielokrotnie więcej czasu niż okres pracy przy wykonywaniu prób zwarcioowych;

c) zawsze istnieje ryzyko uszkodzenia podstacji, wskutek czego nastąpiłaby przerwa w normalnej pracy podstacji i zakłócenie w ruchu kolei elektrycznych;

d) ze względu na swe normalne przeznaczenie, ograniczające ilość prób, podstacja-zwarcioownia nie może stanowić warsztatu pracy konstruktora, ani laboratorium do prac naukowych;

e) nie ma możliwości zmiany wartości napięcia, wobec czego mogą być badane jedynie aparaty na napięcie znamionowe odpowiadające napięciu sieci trakcyjnej.

Wobec powyższych zastrzeżeń zwarcioownię eksploatacyjną trzeba traktować jako rozwiązanie przejściowe do czasu wybudowania stacji prób wielkich mocy prądu stałego, przeznaczonej specjalnie do wykonywania prób zwarcioowych.



Rys. 4. Schemat podstacji trakcyjnej 3-kilowoltowej, przystosowanej do wykonywania prób zwarcioowych

7. Zwarcionia zastępcza wzbudnicowa.

Zwarcionia wzbudnicowa polega na wyzyskaniu do zasilania zwarć na prądzie stałym wzbudnic generatorów prądu zmiennego. W ten sposób rozwiązano zagadnienie zwarcionni prądu stałego w CSR. Wzbudnice generatorów są odpowiednio większe i wyposażone w koła zamachowe. Założeniem zwarcionni prądu stałego w CSR było otrzymanie 40 kA przy 750 V. W tym celu zainstalowano dwa trójfazowe zespoły przetwornicowe (silnik + dwie prądnice). Dane znamionowe każdej prądnicy są następujące: 1500 kW, 2000 A, 750 V z możliwością przewzbudzenia do 900 V.

Z powyższego widać, że dopuszcza się pięciokrotną udarową przeciążalność prądnicy prądu stałego. Przy napięciu 3000 V można więc liczyć tylko na uzyskanie 10 kA, co jest stanowczo za mało w stosunku do potrzeb.

W tego rodzaju rozwiązaniach zwarcionni potrzebne zakresy napięć i prądów otrzymuje się przez szeregowo i równoległe łączenie prądnic. Regulacja napięcia odbywa się skokami przez szeregowo łączenie prądnic oraz w sposób ciągły przez zmianę stopnia wzbudzenia.

Powyższe rozwiązanie zwarcionni prądu stałego — pozornie bardzo korzystne — ma jednak istotną wadę, którą są możliwości uszkodzenia maszyn przy próbach na prądzie stałym (łuk na komutatorach i jego przerzuty na części uziemione, przebiecia izolacji uzwojeń), co obserwowano podczas prób wyłączników WAB-2. Związane są z tym przestoje zwarcionni prądu zarówno stałego, jak i zmiennego.

Koszt zwarcionni prądu stałego jest bez porównania mniejszy od kosztu zwarcionni prądu zmiennego, możliwości zaś jej uszkodzenia przy pracy są znacznie większe, a więc oszczędność inwestycyjna jest problematyczna wobec strat wynikających z napraw i przestojów obu zwarcionni.

Powiększenie mocy wzbudnic aż do uzyskania 40 kA przy 3 kV prądu stałego byłoby zbyt duże z punktu widzenia potrzeb zwarcionni prądu zmiennego i stworzyłoby właściwie drugą zwarcionnię prądu stałego, co nie znajduje uzasadnienia, gdyż przy takim rozwiązaniu nie likwidujemy całkowicie możliwości przestojów zakłóceńowych, a poza tym zajętość zwarcionni prądu zmiennego jest tak duża, że są trudności z pogodzeniem prób aparatów prądu zmiennego i stałego.

Z doświadczeń zwarcionni czechosłowackiej wynika, że stanowczo należy unikać takiego rozwiązania zwarcionni prądu stałego.

8. Zwarcionia generatorowa.

W zwarcionni generatorowej — podobnie jak w zwarcionni wzbudnicowej — źródłem energii do prób są generatory prądu stałego. Z uwagi na wyjątkowo ciężkie warunki pracy maszyn zwarcionni (obciążenia udarowe) muszą one być w specjalnym wykonaniu. Dla zwiększenia zasobu energii kinetycznej układu wirujących generatorów wyposaża się je w koła zamachowe o znacznym momencie bezwładności.

Po wprowadzeniu generatorów w ruch obrotowy przy pomocy silnika napędowego, wzbudza się je, odłącza silnik napędowy i wykonuje planowane próby zwarciowe. Następnie po próbie zwarciowej dla wyrównania spadku prędkości obrotowej znów włącza się silnik napędowy.

W związku z zamierzoną budową zwarcionni Zakład Trakcji Elektrycznej przeprowadził badania nad udarową przeciążalnością maszyn prądu stałego. Wykonano szereg prób na różnego typu maszynach w normalnym seryjnym wykonaniu.

Z wykonanych prób wyciągnięto między innymi następujące wnioski: a) możliwe jest dziesięciokrotne udarowe przeciążenie maszyn w stosunku do ich prądu znamionowego; b) przewzbudzenie maszyn sprzyja dobrej komutacji w czasie wykonywania zwarć; c) stała czasowa uzwojeń wzbudzenia powinna być możliwie mała, aby przerwanie obwodu wzbudzenia powodowało szybki zanik napięcia na zaciskach generatora; w tym celu uzwojenie wzbudzenia powinno być przewidziane na znaczny prąd wzbudzenia i mieć niewiele zwojów; d) możliwe jest równoległe łączenie maszyn, gdyż rozpył prądów na dwie identyczne prądnice jest równomierny.

Stale czasowe poszczególnych uzwojeń muszą być tak dobrane, żeby przebieg prądu zwarciowego miał charakter nieokresowy. Przebieg oscylacyjny przy próbie zwarciowej na prądzie stałym z reguły dyskwalifikuje wynik próby, gdyż przejścia prądu przez zero ułatwiają zgaszanie łuku.

Bez względu na napięcie znamionowe generatorów, od czego zależy ich liczba dla uzyskania górnej granicy napięcia roboczego 4 kV, izolacja każdego z nich powinna być obliczona na napięcie znamionowe 4 kV. To wymaganie jest podyktowane szeregowym łączeniem generatorów przy próbach oraz wielkością

przebieg, powstających w procesie przerywania obwodu zwarciowego przez badany wyłącznik czy bezpiecznik.

Dalsze wymagania co do generatorów i zespołów zwarciowych są następujące:

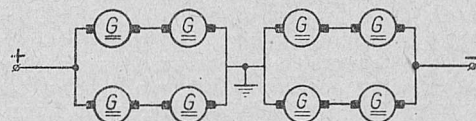
1) należy zaprojektować odpowiednie wzmocnienie uzwojeń generatorowych pod względem wytrzymałości na siły dynamiczne, występujące przy przepływie prądu zwarciowego o dużej wartości; do obliczeń mechanicznych wydaje się celowe przyjęcie 15-krotnego przeciążenia maszyn w stosunku do prądu znamionowego;

2) moment bezwładności mas wirujących zespołów zwarciowych (dwie prądnice i koło zamachowe) powinien być tak dobrany, żeby spadek prędkości obrotowej w czasie wykonywania cyklu zwarciowego nie przekroczył 1%;

3) wały maszyn oraz sprzęgła muszą być obliczone pod względem wytrzymałości na maksymalne możliwe momenty skręcania, jakie mogłyby powstać w czasie zwarć, przed montażem zaś części te powinny być starannie sprawdzone przy pomocy nowoczesnych metod defektoskopii w celu ujawnienia ewentualnych ukrytych wad materiałowych.

Oprócz wymienionych wymagań w sprawie zespołów zwarciowych zasadniczymi problemami przy rozwiązywaniu zwarcionni generatorowej są: a) dobór danych znamionowych generatorów; b) zabezpieczenie generatorów przed powstaniem łuku okrężnego na komutatorze; c) dobór silnika napędowego.

Dobór danych znamionowych generatorów. Zwarcionia prądu stałego powinna umożliwiać uzyskanie udarowego prądu zwarciowego 40 kA przy 4 kV. Przy założeniu dziesięciokrotnej przeciążalności udarowej można by zastosować generatory: 8 sztuk na 1000 V, 2000 A lub 8 sztuk

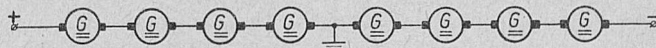


Rys. 5. Zasilanie zwarć przy 4 kV w zwarcionni o generatorach na 1000 V, 2000 A

na 500 V, 4000 A. Pod uwagę wzięto tylko takie maszyny, których dane znamionowe w przybliżeniu odpowiadają danym znamionowym seryjnych maszyn produkowanych przez przemysł krajowy. Opracowywanie dla zwarcionni dokumentacji zupełnie nowych typów maszyn należy uznać za zbyt ryzykowne i nieekonomiczne. Należy oprzeć się na produkowanych typach maszyn, które do celów zwarciowych powinny być odpowiednio przystosowane.

W przypadku przyjęcia danych znamionowych 1000 V i 2000 A otrzymujemy prądnice o mniejszym komutatorze i o większym napięciu międzywycinkowym w stosunku do drugiej alternatywy. Dla 4 kV układ połączeń tych prądnic byłby szeregowo-równoległy, jak pokazano na rys. 5.

W zwarcionni o takich maszynach w przypadku uszkodzenia jednego zespołu następuje zachowanie zakresu napięciowego zwarcionni, ale dla napięcia 4 kV maleje o połowę udarowy prąd



Rys. 6. Zasilanie zwarć przy 4 kV w zwarcionni o generatorach 500 V, 4000 A

zwarcionni. Praca przy napięciach niższych od ~ 700 V byłaby tu również utrudniona, gdyż próby zwarciowe przy znacznym osłabieniu wzbudzenia zwiększają niebezpieczeństwo powstania łuku na komutatorze.

W przypadku przyjęcia danych znamionowych prądnic na 500 V, 4000 A otrzymujemy maszyny o większym komutatorze i niższym napięciu międzywycinkowym. Dla 4 kV układ połączeń generatorów przedstawiono na rys. 6. To rozwiązanie jest korzystniejsze od poprzedniego przy badaniach poniżej 500 V. Jednakże w przypadku uszkodzenia jednego zespołu maleje górna wartość uzyskiwanego napięcia.

W wyborze generatorów decydującym czynnikiem jest konieczność zapewnienia należytej komutacji przy wyższych napięciach, wobec czego przyjęto, że w zwarcionni generatorowej należy zastosować prądnice o znamionach 500 V, 4000 A. Alternatywa ta umożliwia przy równoległym połączeniu wszystkich prądnic łatwe uzyskiwanie prądów zwarciowych powyżej 200 kA. Zależałoby to przede wszystkim od oporności obwodu zwarciowego i jego wytrzymałości dynamicznej. Tak wielkie prądy zwarciowe znalazłyby zastosowanie przy próbach wytrzymałości

dynamicznej aparatów lub innych badaniach specjalnych o charakterze teoretycznym.

W tego rodzaju laboratorium istniałyby również szerokie możliwości wykonywania różnego rodzaju prób cieplnych i prób obciążenia wielkich maszyn wirujących i prostowników ze zwrotem energii na sieć. Jedyne ograniczenie wnosilaby tu moc silników napędowych oraz przyłącza.

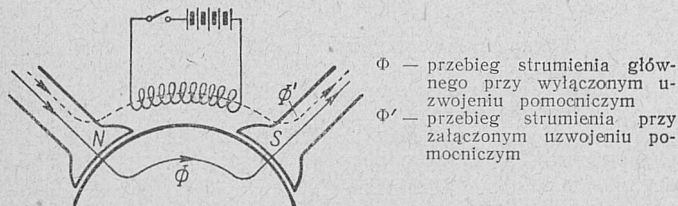
Zabezpieczenia przed powstaniem łuku na komutatorze. Łuk okrężny na komutatorze seryjnych maszyn prądu stałego może pojawić się zasadniczo w następujących okolicznościach: a) przy większych przeciążeniach i bezporowych zwarcich maszyn, b) przy nagłym odciążeniu maszyny, c) przy drganiu szczotek, d) wskutek zanieczyszczenia komutatora.

Wydawałoby się, że w maszynach zbudowanych specjalnie dla zwarejowni przy starannej ich konserwacji można uniknąć powstania łuku okrężnego na komutatorze bez stosowania dodatkowej ochrony komutatora. Tak jednak nie jest. Świadczą o tym zakłócenia w ruchu zwarejowni zagranicznych. Niebezpieczeństwo łuku na komutatorze generatora zwarejowni zawsze istnieje i trzeba stosować specjalne urządzenia, które należy pokrótce omówić. O wyborze rozwiązania decyduje projektant generatora zwarejowni.

Najprostszym zabezpieczeniem komutatora przed długotrwałym łukiem okrężnym jest **przerwanie obwodu uzwojenia wzbudzenia generatora** po upływie przewidzianego czasu trwania zwarcia. Dla zapewnienia skuteczności tej ochrony uzwojenie wzbudzenia powinno mieć małą stałą czasową tak, żeby po przerwaniu obwodu następował nagły zanik napięcia na zaciskach generatora.

Proste przerwanie obwodu uzwojenia wzbudzenia może nie wystarczyć do zgaszania powstałego już łuku. Skuteczniejsze jest **odwzbudzenie przeciwnego kierunku** tj. przemagnesowanie generatora po wykonaniu zwarcia. Przy tej operacji napięcie na jego zaciskach przeszłoby przez zero, co powinno wystarczyć do zgaszania powstałego już łuku.

Istnieje możliwość **zmiany drogi strumienia głównego** czyli wypchnięcia strumienia głównego z twor-



Rys. 7. Odwzbudzenie maszyny przy pomocy dodatkowego uzwojenia

nika przy pomocy dodatkowego uzwojenia, jak to pokazuje rys. 7. Dodatkowe uzwojenie, znajdujące się pomiędzy biegunami głównymi, powinno być połączone do źródła prądu po przewidzianym czasie trwania zwarcia. Idea tego rozwiązania jest zupełnie nowa i wymagałaby szczegółowego zbadania i opracowania. Sposób ten może dotyczyć maszyn, w których pomiędzy biegunami głównymi (z uwzględnieniem biegunów komutacyjnych) jest dość miejsca na zainstalowanie dodatkowego uzwojenia, co w obecnych konstrukcjach maszyn jest, niestety, rzadko możliwe. Zaletą takiego rozwiązania byłoby łatwe odwzbudzenie maszyny z możliwością szybkiego przywrócenia poprzedniego stanu wzbudzenia. Jest to szczególnie ważne przy wykonywaniu cyklu zwarejowniowego wyłącznika.

Umieszczenie **przegrod izolacyjnych** wzdłuż komutatora między trzymadłami szczotkowymi stanowi mechaniczną przeszkodę w rozszerzaniu się łuku na komutatorze. Zazwyczaj azbestowo-cementowe przegrody umieszcza się po obu stronach trzymadeł, przy czym szczelina powietrzna między komutatorem a przegrodą nie przekracza 1 mm.

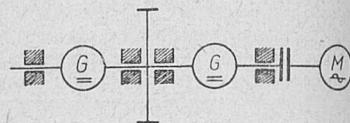
Tego rodzaju rozwiązanie jest najdogodniejsze w eksploatacji generatorów zwarejowni, nie wymaga bowiem żadnej dodatkowej automatyzacji. Istnieje tylko wątpliwość oparta na obserwacjach, czy tego rodzaju zabezpieczenie wystarczy, jeżeli będzie jedyne. Natomiast zabezpieczenie to może być zawsze zastosowane jako dodatkowe do każdego innego rodzaju zabezpieczenia.

Powstający pod szczotkami łuk może być stosunkowo łatwo zgaszony przez podmuch sprężonego powietrza po powierzchni komutatora. W tym celu między trzymadłami szczotkowymi od strony twornika powinny być umieszczone specjalne dysze, połączone ze zbiornikiem sprężonego powietrza. W chwili zamknięcia obwodu zwarejowni następowaloby samo-

czynne otwarcie zaworów, a następnie ich zamknięcie po upływie uprzednio ustalonego czasu.

Jakakolwiek przyjmie się koncepcję zabezpieczenia komutatora przed łukiem okrężnym, zawsze należy izolować wał między komutatorem a łożyskiem w celu zabezpieczenia się przed przetrznięciem łuku z komutatora na uziemione części maszyny.

Dobór silnika napędowego. Sprawa doboru silnika napędowego do zespołów zwarejowniowych jest skomplikowana przez pomysł wyzyskania ich do zwracania energii na sieć prądu zmiennego przy próbach obciążenia zespołów prostownikowych i maszyn prądu stałego dużej mocy. W grę wchodziłyby moce do 3 MW przy 3 kV. Dla umożliwienia zwrotu takich mocy na sieć prądu zmiennego najwłaściwsze jako silniki napędowe byłyby maszyny synchroniczne. Natomiast ze względu na wygodę pracy w zwarejowni najkorzystniejsze byłyby silniki asynchroniczne zapewniające łatwy rozruch.



Rys. 8. Układ mechaniczny zespołu zwarejowniowego

Wybór maszyn synchronicznych produkcji krajowej w zasadzie nie nastręcza trudności, gdyż ze względu na prędkość obrotową prądnic można przyjąć tylko silnik o znamionach 2,5 MVA, 6 kV, 750 obr./min. Moc ta jest jednak za duża zarówno z punktu widzenia potrzeb napędu, jak i zwrotu energii, gdyż dla czterech zespołów zwarejowniowych czyniłoby to 10 MVA zainstalowanych w silnikach napędowych (moc 8 prądnic: $8 \cdot 500 \text{ V} \cdot 4000 \text{ A} = 16 \text{ MW}$).

Z obserwacji pracy zwarejowni wynika, że w ciągu dnia pracy łączny czas prób nie przekracza 1 godziny, natomiast zespoły zwarejowniowe muszą biec luzem przez cały dzień. Przy tak dużej mocy silników napędowych powstaną znaczne koszty zużytej energii. Jeżeli np. moc biegu luzem zespołu zwarejowniowego wynosi 7% jego mocy znamionowej, to w ciągu 1400 godzin pracy zwarejowni w roku zużyta energia będzie kosztować $0,07 \cdot 10000 \text{ kVA} \cdot 1400 \text{ h} \cdot 0,3 \text{ zł/kWh} = 294 000 \text{ zł}$. Tak poważne koszty zużytej przez zwarejownię energii nakazują poszukiwanie tańszych rozwiązań, np. przez stosowanie odpowiednich przepisów eksploatacyjnych zwarejowni lub przez wybór innej koncepcji zwarejowni.

Problem kosztów narzuca wymaganie maksymalnego wyzyskania zainstalowanej mocy. Istnieje myśl dodatkowego wyzyskania zainstalowanych w zwarejowni maszyn synchronicznych do poprawiania współczynnika mocy sieci państwowej okręgu centralnego. Koncepcja ta wymaga szczegółowego opracowania i ścisłej kalkulacji ekonomicznej. Być może, że przyniosłaby ona znaczne korzyści gospodarce narodowej, dzięki czemu skróciłby się okres amortyzacji zwarejowni.

Zrezygnowanie ze zwrotu energii na sieć pozwoliłoby na zastosowanie do napędów zespołów zwarejowniowych znacznie mniejszych i tańszych silników asynchronicznych o mocy rzędu 400 kVA. Ułatwiłoby to równocześnie pracę zwarejowni przez uproszczenie rozruchu zespołów. Koszt zespołów i zużycie przez nie energii zmalałoby, ale wzrosłoby zużycie energii do prób prostowników rłęciowych.

Z powyższego widać, że wybór silnika napędowego dla zespołów zwarejowni nie jest sprawą łatwą i wymaga uwzględnienia wielu czynników natury technicznej i ekonomicznej. Problem ten powinien być szczegółowo opracowany w projekcie wspólnym.

Sprzęgnięcie silnika napędowego z zespołem. Dla nieprzenoszenia zwarej na sieć prądu zmiennego na czas zwarcia należałoby odłączyć silnik napędowy od sieci. Zmuszałoby to do wykonania powtórnego częściowego rozruchu przy ponownym załączeniu i narażałoby wał silnika napędowego na znaczne momenty skręcające podczas obciążenia udarowych. Trzeba więc mieć silniki napędowe w specjalnym wykonaniu. Wszystkim wspomnianym wadom zapobiega mechaniczne odłączenie silnika napędowego od prądnic. W tym celu silnik napędowy powinien być połączony z zespołem zwarejowni przy pomocy sprzęgła poślizgowego ciernego lub magnetycznego. W pierwszym przypadku poślizg następowałby samoczynnie przy przenoszeniu zbyt dużego momentu, w drugim — przed zwarciem sprzęgło byłoby odwzbudzone. W obu rozwiązaniach wyłączanie elektryczne silnika napędowego byłoby niepotrzebne, co ułatwiłoby wykonywanie cykli zwarejowniowych.

Układ mechaniczny zespołu zwarejowniowego przedstawiono na rys. 8.

Zalety i wady zwarejowni generatorowej. Zalety zwarejowni generatorowej są następujące: a) możliwość wykonania zespołów dla zwarejowni przez przemysł

krajowy, b) możliwość osiągnięcia dużych prądów zwarciovych do prób dynamicznych przy niskim napięciu, c) w przypadku uszkodzenia jednego zespołu istnieje pełna możliwość prowadzenia prób przy niższym napięciu, d) łatwa regulacja wartości napięcia.

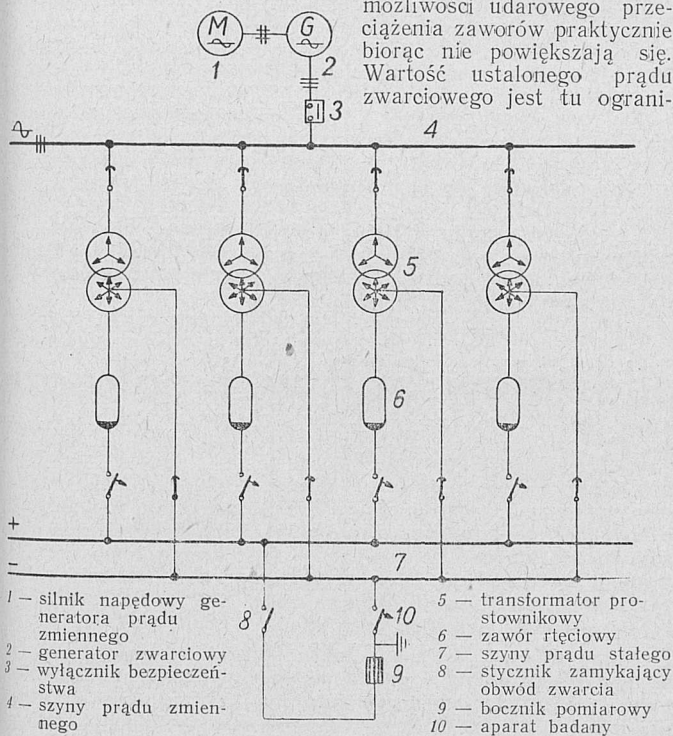
Wady zwarciovni generatorowej są następujące: a) niebezpieczeństwo łuku okrężnego na komutatorze, b) nie ma możliwości odtworzenia warunków eksploatacyjnych, gdyż kondensatory włączone równolegle do maszyn wyładowałyby się przez uzwojenie maszyn, c) trudności z rozwiązaniem problemu wyłącznika bezpieczeństwa, który w tym przypadku musi być po stronie prądu stałego, d) znaczne koszty energii elektrycznej wskutek długotrwałego biegu luzem silników napędowych o dużej mocy.

9. Zwarciovnia prostownikowa.

W zwarciovni prostownikowej źródłem energii jest zasób energii kinetycznej mas wirujących generatora zwarciovego prądu zmiennego. Generator ten poprzez wyłącznik bezpieczeństwa, transformator prostownikowy i zawory rtęciowe zasilą obwód zwarciov. Ideowy schemat połączeń takiej zwarciovni przedstawia rys. 9.

Zalety zwarciovni prostownikowej polegają przede wszystkim na dużej pewności pracy zaworów rtęciowych w warunkach udarowych przeciążeń. Wszelkie ewentualne zakłócenia po stronie prądu stałego są w sposób niezawodny likwidowane przez wyłącznik bezpieczeństwa po stronie prądu zmiennego.

Zwarciovnię prostownikową można nazwać zwarciovnią o stałej wartości prądu ustalonego, gdyż przy obniżeniu napięcia możliwości udarowego przeciążenia zaworów praktycznie biorąc nie powiększają się. Wartość ustalonego prądu zwarciovego jest tu ograniczona



Rys. 9. Schemat ideowy zwarciovni prostownikowej

czona przy danym napięciu zasilania przez oporność transformatora prostownikowego i obwodu zwarciovego.

Przyjmując, jak dla prądu w zwarciovni generatorowej, dziesięciokrotną przeciążalność udarową zaworów w stosunku do prądu znamionowego i chcąc uzyskać potrzebną do prób ustaloną wartość prądu zwarciovego 40 kA, należałoby zainstalować cztery zespoły prostownikowe o danych znamionowych 4000 V, 1000 A.

Potrzebna — zależnie od badanego aparatu — wartość napięcia można uzyskać przez zmianę zaczepów transformatora prostownikowego (regulacja skokowa) oraz przez zmianę wzbudzenia wartości napięcia generatora zwarciovego (regulacja ciągła).

Poza tym istnieje również możliwość regulacji napięcia wyprostowanego przy pomocy sterowania siatkowego, co ma jednak dwie zasadnicze wady: a) zwiększa się składowa zmienna napięcia wyprostowanego, b) głębokie sterowanie siatkowe zmniejsza oporność prostownika rtęciowego na zapłony wsteczne.

Dla zwarciovni prostownikowej wydaje się korzystne zainstalowanie zaworów pojedynczo-anodowych chłodzonych powietrzem.

Zalety zwarciovni prostownikowej są następujące: 1) wygodna eksploatacja zwarciovni dzięki dobremu znoszeniu przez zawory rtęciowe przeciążeń udarowych; 2) łatwe rozwiązanie problemu wyłącznika bezpieczeństwa przez zastosowanie wyłącznika po stronie prądu zmiennego; 3) oddzielenie generatora od obwodu zwarciovego, dzięki czemu przepięcia po stronie prądu stałego nie zagrażają izolacji generatora; 4) możliwość pełnego odtworzenia warunków eksploatacyjnych przez zainstalowanie urządzeń wyładowczych.

Wady tej zwarciovni są następujące: 1) ścisłe związanie ze zwarciovnią prądu zmiennego, co ogranicza czas użytkowania każdej z nich; 2) niemożność wykonywania prób obciążenia prostownikowej w układzie pracy zwrotnej; 3) niemożność uzyskiwania prądów do prób dynamicznych przy niskim napięciu; 4) skomplikowana budowa transformatorów prostownikowych (ze względu na dużą liczbę zaczepów); 5) zużycie energii nie mniejsze niż w przypadku zwarciovni generatorowej; 6) prostowniki musiałyby pochodzić z importu, ponieważ krajowy przemysł maszyn elektrycznych nie jest jeszcze w stanie podjąć się ich wykonania.

10. Zwarciovnia prostownikowa sieciowa.

Zwarciovnia prostownikowa sieciowa tym się różni od opisanej poprzednio, że w niej źródłem energii jest sieć energetyczna, a nie generator zwarciov, różnica zaś w stosunku do zwarciovni eksploatacyjnej polega na tym, że jej wyposażenie aparatu jest dostosowane do wykonywania prób zwarciovych.

Jako zasadnicze powstaje tutaj zagadnienie, czy sieć energetyczna będzie w stanie wytrzymać powtarzające się udarowe obciążenia o mocy rzędu 120 MVA, przyjmujemy bowiem, że w przypadku niezadziałania badanego aparatu wyłączać będzie wyłącznik bezpieczeństwa po stronie prądu zmiennego. W przypadku prawidłowego zadziałania badanego wyłącznika szybkiego udarowe obciążenia będą co najwyżej rzędu 40–60 MVA.

Dotychczasowa praktyka prób zwarciovych na podstawach trakcyjnych wykazała, że próby te nie stanowią żadnego niebezpieczeństwa dla sieci energetycznej. Obecnie próby te wykonywa się w nocy lub w dni świąteczne o małym nasileniu ruchu kolejowego. Ograniczenia te są podyktowane przede wszystkim względami ruchu kolejowego, nie zaś możliwościami energetyki.

Oczywiście, w zwarciovni prądu stałego należy przewidywać pracę na dzienną zmianę. Jedynie w wyjątkowych przypadkach, na życzenie energetyki próby zwarciovie wykonywane byłby w godzinach nocnych lub w dni świąteczne.

Zasadniczą jednak wadą techniczną prostownikowej zwarciovni sieciowej są trudności w regulacji wartości napięcia, które po stronie prądu stałego można by zmieniać tylko skokami z możliwością drobnego podregulowania przy pomocy sterowania siatkowego.

Głównymi zaletami zwarciovni sieciowej byłyby: 1) zredukowanie kosztów zużycia energii do mało znaczących wielkości, 2) możliwość szybkiej realizacji dzięki uproszczeniu budowy, 3) wygoda eksploatacyjna.

11. Wybór typu zwarciovni.

Z powyższego pobieżnego omówienia problemów występujących przy różnego rodzaju rozwiązaniach zwarciovni prądu stałego wynika, że wybór odpowiedniego i najlepszego w naszych warunkach typu zwarciovni nie jest sprawą prostą i łatwą. Kategorycznie należy odrzucić koncepcję budowy zwarciovni zastępczej, jako nie spełniającej wymagań technicznych. Budując potężny przemysł musimy dla niego stworzyć odpowiednie zaplecze laboratoryjne, czyniące w pełni zadość wymaganiom przemysłu i nauki. Wszelkie połowiczne rozwiązanie należy traktować jako stadium przejściowe.

Do wyboru pozostają przeto zwarciovnia generatorowa lub prostownikowa.

Największą zaletą zwarciovni generatorowej jest to, że może być całkowicie wykonana przez przemysł krajowy. Istnieje tu jednak pewne ryzyko, czy jakość wykonania generatorów zwarciovych będzie na najwyższym poziomie, co jest warunkiem nieodzownym pewności ich pracy zwarcioviej. Nie mogą tu być wprowadzane żadne oszczędności materiałowe, prądnie muszą być projektowane i wykonane z dużym zapasem pod każdym względem (izolacja, wytrzymałość mechaniczna, wytrzymałość dynamiczna, komutacja itp.). Orientacyjny koszt zwarciovni generatorowej wynosiłby ok. 7 mln. złotych, a realny termin jej wykonania — 1958 rok.

Zaletą zwarciovni prostownikowej jest pewniejsza i wygodniejsza praca w warunkach przeciążeń udarowych oraz niższy jej koszt niż zwarciovni generatorowej; koszt ten nie powinien przekroczyć 5 mln. złotych. Zasadniczą wadą tej koncepcji jest

konieczność zakupu zaworów rtęciowych za granicą, gdyż przemysł krajowy nie produkuje jeszcze tak dużych jednostek.

Opieranie się na prostownikach RMNW, które będą produkowane przez przemysł krajowy według dokumentacji radzieckiej, byłoby ryzykowne ze względu na niedostateczne opanowanie przez nasz przemysł technologii produkcji zaworów rtęciowych i niezbadanie konstrukcji prostowników RMNW pod względem znoszenia przeciążeń udarowych. Otrzymanie w krótkim czasie prostowników z importu również może natrafić na znaczne trudności, a budowa zwarciozni prądu stałego jest sprawą bardzo pilną i ważną. Odkładanie jej realizacji na lata późniejsze nie znajduje żadnego uzasadnienia.

Przy wyborze odpowiedniego typu zwarciozni prądu stałego należy uwzględnić trzy czynniki — techniczny, ekonomiczny oraz możliwość szybkiej realizacji.

Wydaje się, że powinien być wykonany szczegółowy projekt wstępny w dwóch alternatywach — zwarciozni generatorowej i prostownikowej. Projekt ten stanowiłby podstawę decyzji co do typu zwarciozni.

12. Urządzenia dodatkowe.

Urządzeniami dodatkowymi w zwarciozni są dławiki bezrdzeniowe do regulacji siły strumienia narastania prądu zwarciozni, oporniki do ograniczania jego wartości ustalonej oraz kondensatory do odtwarzania warunków eksploatacyjnych. Ze względu na duże prądy zwarciozne urządzenia te muszą być w wykonaniu specjalnym.

W przypadku zwarciozni generatorowej poważnym problemem są wyłączniki bezpieczeństwa, które są potrzebne po stronie prądu stałego.

13. Środki bezpieczeństwa.

Praca zwarciozni ma z natury swej charakter zakłóceńowy, gdyż polega na badaniu wyłączalności aparatów. Jasne jest więc, że badany prototyp może nie podołać warunkom obwodu i ulegnie przy tym zniszczeniu. Towarzyszą temu mniejsze lub większe uszkodzenia urządzeń zwarciozni. Końcowe są więc robocze środki bezpieczeństwa, żeby próby nie powodowały ciężkich i trwałych uszkodzeń w zwarciozni.

Nie poruszamy tutaj sprawy zabezpieczeń przekładnikowych dla maszyn zwarcioznych. Stanowi to oddzielne zagadnienie, a wybór rodzaju zabezpieczeń zależy od typu zwarciozni (generatorowa czy prostownikowa).

Najprostszym sposobem zabezpieczenia zwarciozni jest ograniczenie czasu trwania napięcia probierczego. Czas ten można ograniczyć dla zwarciozni generatorowej jednym ze sposobów podanych wyżej, dla zwarciozni zaś prostownikowej przez wymuszone zadziałanie wyłącznika bezpieczeństwa po stronie prądu zmiennego.

W przypadku zwarciozni generatorowej w czasie prób zawsze istnieje niebezpieczeństwo powstania łuku okrężnego na komutatorze lub przebicia izolacji uzwojeń, co spowodowałoby długotrwałe palenie się łuku. Dla ograniczenia skutków cieplnych łuku konieczne jest zastosowanie nadzwyczajnych środków bezpieczeństwa, które polegają na zdalnym uruchomieniu gaśnic śniegowych i szybkim zahamowaniu wirującego generatora. W tym celu w wielu punktach zwarciozni powinny znajdować się odpowiednie przyciski bezpieczeństwa, których używanie powoduje potrzebny zabieg.

Również w celkach zwarciozni powinny być zainstalowane zdalnie sterowane gaśnice śniegowe, co umożliwia szybkie gaszenie pożaru badanego aparatu.

14. Zagadnienia budowlane.

Ze względu na rodzaj pracy zwarciozni prądu stałego powinna znajdować się w oddzielnym budynku i obejmować maszynownię, nastawnię, rozdzielnię, celki zwarciozne oraz pomieszczenia pomocnicze.

W zasadzie celki zwarciozne powinny być wewnętrzne, gdyż aparatura prądu stałego jest wewnętrzna i powinna być badana w warunkach cieplnych jak przy normalnej pracy. Przy celkach zewnętrznych w okresie zimowym warunki prób różniłyby się znacznie od warunków normalnej pracy. Jednakże pożądane jest posiadanie jednej celki zewnętrznej do przeprowadzania prób, przy których występuje wydzielanie znacznych ilości dymu, głośny huk itp.

Dalszym problemem jest kwestia materiału zbrojeniowego celki. Wydaje się konieczne zrezygnowanie ze zbrojenia celek żelazem, gdyż może to wywołać dodatkowe pola magnetyczne niekorzystnie odbijające się na pracy badanego aparatu lub prowadzonych pomiarach.

Zwarciozni prądu stałego ma współpracować z laboratorium prostownikowym przy próbach obciążenia zaworów (w przypadku zwarciozni generatorowej). Z tego względu musi istnieć elektryczne powiązanie obu laboratoriów.

Sprawozdanie z działalności oddziałów SEP w I półroczu 1954 r.

1. Wstęp.

Rok 1954 jest pierwszym rokiem, w którym stowarzyszenia zrzeszone w NOT pracują w ramach Narodowego Planu Gospodarczego. Przypadająca na SEP część tego planu, przedyskutowana i uzgodniona zarówno z zainteresowanymi ministerstwami, jak i z oddziałami terenowymi, została rozdzielona na plany kwartalne dla poszczególnych oddziałów.

Po upływie pierwszego kwartału sporządzono sprawozdanie z wykonania planu za ten okres i przedstawiono je na naradzie prezesów oddziałów. Sprawozdanie to było oparte na szczegółowo ujętych wynikach pracy 12 oddziałów (o 65% członków) i na niepełnych odpowiedziach dalszych 7 oddziałów; z 5 pozostałych oddziałów żadnych odpowiedzi nie można było otrzymać. Mimo tych braków materiał sprawozdawczy zawierał szereg ciekawych danych, które wyzyskano do krytycznego rozpatrzenia planów pracy w następnych kwartałach. Przy okazji wspomnianego zjazdu prezesów zebrano również odpowiedzi na ankietę dotyczącą kół zakładowych, jako podstawowych komórek pracy SEP; odpowiedzi te posłużyły do sporządzenia pierwszego systematycznego wykazu blisko 300 kół z podziałem ich według resortów, którym podlegają zakłady, mające koła SEP.

Wychodząc z założenia, że wyniki pracy naszego Stowarzyszenia powinny interesować wszystkich jego członków, postanowiono ogłaszać w Przeglądzie Elektrotechnicznym sprawozdania kwartalne. Do spełnienia tego obowiązku przystąpiliśmy w sierpniu 1954 r., kiedy nadeszły już z oddziałów do Zarządu Głównego SEP sprawozdania za II kwartał; wskutek tego niniejsze pierwsze zestawienie wyników zawiera dane za półrocze I.1.—30.VI.54, następne zaś sprawozdania będą obejmować jeden kwartał; sprawozdanie za IV kwartał będzie uzupełnione zestawieniem za cały rok kalendarzowy.

Materiał sprawozdawczy za II kwartał nadeszło już 18 oddziałów obejmujących 88% ogółu członków; obraz jest więc

pełniejszy, zwłaszcza że wśród 6 opieszalszych jest kilka oddziałów, które za I kwartał odpowiedzi dostarczyły, a więc były o nich informacje stosunkowo świeże. Ponadto większość tych sprawozdań złożono na nowych — dość szczegółowo rozbudowanych — formularzach, które zastępują kilka wzorów stosowanych dawniej przez różne agendy SEP i NOT, materiał sprawozdawczy jest więc dość bogaty.

Mimo to brak danych z kilku oddziałów spowodował, że w łącznym sprawozdaniu SEP trzeba było niektóre liczby założyć według dawniejszych informacji, inne uzyskać drogą ekstrapolacji, jeszcze innych w ogóle nie uwzględnić, jakkolwiek jest prawdopodobne, że przynajmniej niektóre koła tych oddziałów żyją i działają; osiągnięcia ich nie mogą jednak — wskutek martwoty lub nieudolności oddziałów — być włączone do ogólnego dorobku SEP.

Konieczne jest, żeby wszyscy koledzy z oddziałów i kół uprzytomnili sobie ważność prawidłowej sprawozdawczości w gospodarce planowej. Bez wytworzenia sobie konkretnego, opartego na liczbach, obrazu, jakie osiągnięcia mamy już za sobą, nie ma możliwości układania realnych planów rozwoju naszych prac. Nie należy więc traktować sprawozdawczości jako zbędnej formalistyki, lecz należy uważać ją za podstawowy warunek działania każdej organizacji. Apelujemy przy tej sposobności do wszystkich komórek SEP, żeby nie tylko ich prace w terenie rozwijały się coraz lepiej, ale także żeby wiadomości o tych osiągnięciach były przekazywane coraz sprawniej do organów centralnych w formie odpowiednich sprawozdań.

Ogłaszanie sprawozdań okresowych w Przeglądzie Elektrotechnicznym przewidujemy w dwójakiej formie: 1) według wzoru tablicy I (ob. niżej) będą każdorazowo zestawiane tylko podstawowe dane, dotyczące stanu członków, liczby oddziałów i kół, wyników akcji postępu technicznego, szkolenia, wydalności pracowników i zobowiązań — w liczbach bez-

względnych i w procentach; 2) ponadto będzie dodany komentarz, ujmujący jedno lub kilka zagadnień — za każdym razem inne — w sposób bardziej szczegółowy, z wymienieniem osiągnięć szczytowych i najniższych, z podaniem przeciętnych wskaźników, wyciągnięciem pewnych wniosków itd. Na początek rozpatrzmy dwa tematy: sprawę członków i zagadnienie odczytów.

Tablica I. Sprawozdanie z działalności SEP w okresie 1.I. — 30.VI.1954 — wyniki ogólne

1. Dane ogólne	Początek okresu	Koniec okresu	Początek okresu	Koniec okresu
	(liczba)		%	
Członkowie	10150	11528	100	113,6
Oddziały	24	24	100	100
Koła zakładowe	220	284	100	129
Członkowie kół	5940	7918	100	133

2. Szkolenie	Liczba imprez	Wykonanie planu rocznego od początku roku (%)	Liczba uczestników
Odczyty	490	61,2	12 400
w tym z pokazem filmów	48	400	1 440
Kursy szkolenia zawodowego	74	462	1 613
Kursy na stopień inżyniera	2	100	598
Ośrodki konsultacyjne (na stopień inżyniera)	10	91	557
Konferencje krajowe	4	44,5	705
Konferencje lokalne i narady techniczne	242	45,5	—
Czasopisma: a) prenumeratorzy	—	82,4	4 110
b) korespondenci	—	31,8	70
Opieka nad bibliotekami	87	72,5	—
Wystawy: a) racjonalizatorskie	5	83	16 300
b) książek i czasopism	2	33	1 700
Wycieczki: a) zorganizowane	34	113	742
b) przyjęte	16	—	—

3. Wynalazczość pracownicza i zobowiązania	Liczba	Wykonanie planu rocznego %	Liczba uczestników	Wartość (tys. zł)
Brygady robotniczo-inżynierskie	160	73	323	—
Członkowie SEP w KTiR	—	167	1466	—
Projekty racjonalizatorskie	954	190,8	—	2 900.—
Zobowiązania: a) indywidualne	2450	82	2450	} 3 750.—
b) zespołowe	1755	151	3021	

2. Członkowie SEP.

a) Dynamika rozwoju liczby członków w. Wzrost liczby członków zestawiony za lata 1947—1954 w tabl. II ilustruje wykres na rys. 1. Kwartalny przyrost wy-

Tablica II. Stan członków SEP w latach 1947—1954

Data	Liczba członków	Przyrost
XII.1947	1417	—
IV.1949	2157	54%
IV.1950	2925	35%
IV.1951	5614	92%
V.1952	6064	8%
IV.1953	8405	38%
VI.1954	11528	37%

nosił w r. 1954: 5% w I kwartale i 8% w II kwartale. Największy procentowy przyrost w tym okresie wykazują oddziały:

Gliwice	100% — 495% — 520%,
Białystok	100% — 150% — 150%,
Lublin	100% — 108% — 137%,
Łódź	100% — 111% — 131%.

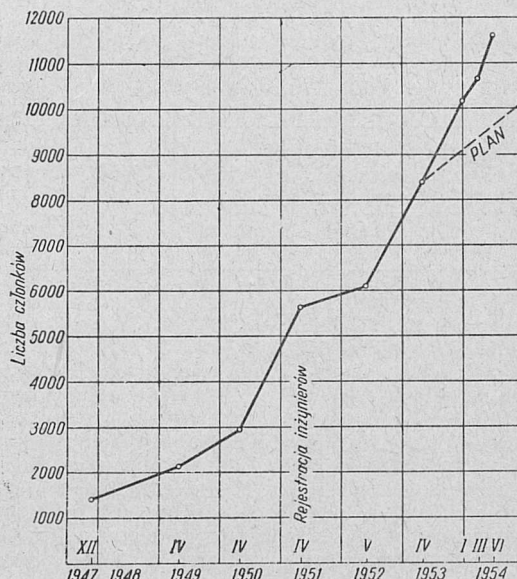
Gwałtowny przyrost w Gliwicach tłumaczy się niedawnym zorganizowaniem oddziału i przejściem członków z Oddziału Zagłębia Węglowego. Lublin przejął członków z województwa Rzeszowskiego, co wpłynęło na wysoki przyrost w II kwartale.

Największy procentowy ubytek wykazują oddziały:

	1.I.54	1.IV.54	1.VII.54
Szczecin	100% — 77%	— 77%	— 77%
Dzierżonów	100% — 83%	— 78%	— 78%
Zagł. Węglowe	100% — 82%	— 88%	— 88%
Wrocław	100% — 85%	— 95%	— 95%

Ubytek w Oddziale Zagłębia Węglowego, spowodowany wyodrębnieniem Oddziału Gliwickiego, zaczyna się częściowo kompensować przyrostem nowych członków; podobna jest sytuacja we Wrocławiu, gdzie dokonano usunięcia tzw. „martwych dusz”, czyli członków, którzy od dawna nie byli aktywnymi działaczami, ani nie płacili składek. Podobną operację wykonano w Szczecinie, ale tam nie zwerbowano nowych członków. Niepokojący jest postępujący ubytek w Dzierżonowie.

Rys. 1. Liczba członków SEP w latach 1947—1954



b) Geograficzne rozmieszczenie członków. Jest zrozumiałe, że poważna większość elektryków skupia się w wielkich miastach. Widać to z zestawienia liczebności oddziałów (na dzień 30.VI.54 r.):

ponad 1000 czł. — 3 oddziały: Warszawa (1876), Gdańsk (1201), Warszawa-Łączność (1051),
800 do —1000 czł. — 3 oddziały: Kraków, Łódź, Wrocław,
500 do 799 czł. — 4 oddziały: Bydgoszcz, Lublin, Poznań, Zagł. Węglowe,
200 do 499 czł. — 4 oddziały: Gliwice, Olsztyn, Szczecin, Wałbrzych,
100 do 199 czł. — 6 oddziałów: Białystok, Jel. Góra, Kielce, Opole, Radom, Zielona Góra,
mniej niż 100 czł. — 4 oddziały: Częstochowa, Dzierżonów, Koszalin, Mazowsze (Płock).

W obu oddziałach warszawskich skupiło się 25,4% członków.

c) Skład członków według cenzusu naukowego. Od chwili wprowadzenia w życie nowego statutu, pozwalającego na przyjęcie do SEP nie tylko inżynierów, ale i techników oraz osoby, które dzięki swej pracy, doświadczeniu i zdolnościom zajmują stanowiska zwykle obsadzone przez inżynierów lub techników, do stowarzyszenia naszego przyjęło wiele osób, które dawniej miały utrudnioną drogę do awansu społecznego. Obecny skład członków w 18 oddziałach przedstawia tabl. III.

Najwięcej inżynierów mają oddziały w dużych miastach: Warszawa 37%, Warszawa-Łączność 34,6%, Kraków 27,4%, Łódź 25,8%.

Najmniej inżynierów mają oddziały: Mazury 9%, Mazowsze 10,3%, Kielce 10,9%.

Przeciętny udział inżynierów poza Warszawą: 20,5% (w 16 oddziałach), techników — 61,2%.

Na tej podstawie można przyjąć na 30.6.54 dla całego SEP (24 oddz.) skład członków według tabl. IV.

Tablica III. Skład członków w 18 oddziałach SEP

	Inżynierów	Techników	Innych	Razem
31.3.54	2312	5442	1537	9291
30.6.54	2535	5862	1742	10139
Podział w dniu 30.6.54	25%	58%	17%	100%
Przyrost w II kwartale 1954 r.	9,7%	7,7%	13,4%	

3. Odczyty.

Liczba odczytów. Dane sprawozdawcze wpłynęły w I kwartale z 19 oddziałów, w II — z 18 oddziałów. Zakładając, że w pozostałych oddziałach (o małej stosunkowo liczbie kół i członków) wykonano tylko 50% planu akcji odczytowej, otrzymujemy wyniki zebrane w tabl. V.

Najwięcej odczytów wygłoszono w oddziałach: Krakowskim (59), Zagłębia Węgl. (44), Łódzkim (41). Znaczne przekroczenie planu (za półrocze) wykazują: Opole (900%), Mazury (234%), Kraków (203%), Białystok (177%).

Tablica IV. Skład członków całego SEP w dniu 30.VI.1954

	Inżynierów	Techników	Innych	Razem
Warszawa + Warszawa-Łączn.	1054	1455	418	2927
Poza Warszawą	1766	5260	1575	8601
Razem	2820 (24,4%)	6715 (58,3%)	1993 (17,3%)	11528 (100%)

Nie wykonały planu w II kwartale oddziały: Warszawa-Łączność 27,3%, Gdańsk 38%; w pierwszym półroczu: Wrocław 64%, Lublin 84%.

Jak widać z tabl. V, ogromna większość odczytów odbywa się w kołach zakładowych. W wielu miejscowościach zarządy oddziałów w ogóle nie organizują odczytów, choć duża liczba członków nie jest dotąd zrzeszona w kołach (w całym SEP 3610 osób czyli 31%; temat ten będzie poruszony w następnym sprawozdaniu, łącznie z zagadnieniem kół zakładowych). Chlubny wyjątek stanowią Łódź i Kraków, gdzie zarządy oddziałów zorganizowały po 15 odczytów w ciągu półrocza.

Jakkolwiek plan odczytów liczbowo został nieznacznie przekroczony, nie powinno to zadowalać naszych ambicji. Trzeba bowiem pamiętać, że plan ten był w stosunku do pierwotnych deklaracji oddziałów przez NOT mocno obniżony ze względu na finansowych. Liczba 400 odczytów w 184 kołach w ciągu pół roku oznacza, że średnio każde koło organizuje 1 odczyt co 4,3 miesiąca, czyli mniej niż trzy odczyty rocznie. Jest to jako średniówka bardzo mało. Wydaje się, że ta forma podnoszenia ogólnego poziomu wykształcenia technicznego, jaką jest żywe słowo prelegenta, uzupełnione rzeczową dyskusją, zasługuje na znaczne rozwinięcie ilościowe, nawet gdyby nadal istniały trudności uzyskania dotacji finansowej na ten cel.

Słuchacze. Ekstrapolując, jak poprzednio, na całe SEP dane uzyskane z 18 wzgl. 19 oddziałów, otrzymujemy na każdy kwartał niemal dokładnie ten sam wynik: 6200 słuchaczy na odczytach, czyli w ciągu pół roku — 12 400.

Tablica VI. Podział odczytów według grup tematycznych

Grupy tematyczne	I półr. 1954 r.		II kwartał 1954 r.		
	Odczytów	%	Odczytów	Słuchaczy	Przeciętna uczęszczalność na 1 odczyt
I. Materiały do produkcji, surowce zastępcze	12	4,2	5	298	60
II. Technologia (metody i narzędzia produkcji)	35	12,3	21	544	26
III. Wyroby gotowe (jakość, nowe asortymenty, zastosowanie)	7	2,5	5	96	19
IV. Energia (wytwarzanie, przesył i rozdział)	65	22,8	27	767	28,4
V. Transport i komunikacja (także telekomunikacja)	29	10,2	15	247	16,5
VI. Usługi (instalacje — projekty, montaż, zbyty)	14	4,9	3	72	24
VII. Prace naukowo-badawcze	9	3,1	5	144	29
VIII. Ekonomia, koszty wytwarzania, organizacja, normalizacja	31	10,9	16	429	26,8
IX. BHP	21	7,3	9	232	26
X. Różne	62	21,8	32	1067	33,3
Razem	285	100,0	138	3896	28,9

Tablica V. Liczba odczytów

	I kwartał		II kwartał		Półrocze SEP
	19 oddz.	SEP	18 oddz.	SEP	
Odczyty w oddziałach	37	40	48	50	90
„ w kołach zakładowych	177	190	201	210	400
Razem	214	230	249	260	490
Planowano	163	193	223	244	437
Wykonanie planu (%)		119		107	111

Przeciętna uczęszczalność na 1 odczyt wynosiła 25,4 osób, przy czym wskaźnik ten dla odczytów, organizowanych przez zarządy oddziałów, wynosi 34,5 osób na odczyt. Największą liczbę słuchaczy ścignął odczyt prof. St. Fryzego w oddziale Gliwickim na temat: „Rozwój elektrotechniki w Polsce” (600 uczestników).

Przeciętnie co 5,5 słuchacza zabiera głos w dyskusji; na 1 odczyt przypada 4,73 zabierających głos w dyskusji (dane ze 153 odczytów).

Popularność odczytów wśród członków. Stosunek ogólnej liczby słuchaczy na wszystkich odczytach w ciągu 1/2 roku do liczby członków wynosi 107,5%. Wynika z tego, że przeciętnie każdy członek SEP raz na 1/2 roku słucha odczytu.

Pod względem częstości chodzenia członków na odczyty rekord zdobyło Opole (w II kwartale liczba słuchaczy równa jest 340% liczby członków, tzn. każdy członek był na odczycie częściej niż raz na miesiąc), dalej idą Wałbrzych (373% w ciągu pół roku), Białystok (298%), Mazowsze (275%), Gliwice (245%). W dużych miastach stosunek ten jest daleko mniejszy: Warszawa 63%, Łódź 79%, Poznań 93%. Gdyby w Gdańsku założyć tę samą uczęszczalność na odczyty w obu kwartałach (dane są tylko za jeden kwartał), to tam byłaby ona najmniejsza: 46%, co znaczy, że co drugi członek SEP był na odczycie raz na 1/2 roku.

Poziom odczytów przedstawia następujące zestawienie:

poziom popularny	75 odczytów czyli	26%
poziom średni	192 „ „	66%
poziom wyższy naukowy	24 „ „	8%
razem objęto klasyfikacją	291 odczytów czyli	100%

Klasyfikacja ta jest dosyć dowolna z braku ustalonych kryteriów.

Tematyka odczytów. Aby ułatwić zaliczenie odczytu lub innych imprez do odpowiedniej grupy tematycznej, zmieniliśmy podział, zaprojektowany przez Główną Komisję Postępu Technicznego NOT na inny, bardziej dostosowany do warunków SEP. Odpowiedzi z zaliczeniem odczytów do grup tematycznych dotyczą 285 odczytów, zestawionych w tabl. VI. Wyraźną przewagę ma grupa IV (tematy energetyczne).

Na zakończenie należy nadmienić, że tematy, otrzymane w akcji wymiennej przez CKSzkE, wygłoszone były (według niepełnych sprawozdań) na 90 odczytach w ciągu 1/2 roku. Znaczna większość odczytów zorganizowana była samorzutnie przez koła i oddziały.

PRZEGŁĄD DOKUMENTACYJNY ELEKTROTECHNIKI

opracowany przez OŚRODEK DOKUMENTACJI ELEKTROTECHNIKI

Dodatek do miesięcznika PRZEGŁĄD ELEKTROTECHNICZNY

Rocznik 6

Warszawa, październik 1954 r.

Nr 10

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

Wiadomości ogólne

475* 621.3.06.05 D1
Międzynarodowa Komisja Elektrotechniczna, posiedzenia w Opatija od 22 czerwca do 1 lipca 1953. „Commission Electrotechniques Internationale (CEI). Sitzungen in Opatija vom 22 Juni bis 1 Juli 1953”. Bull. SEV., Zürich, dwutyg., Nr 18, wrzes. 53, s. 807; A4, 5,5 str. — Przystąpienie Niemiec do współpracy z CEI. Omówienie ciekawszych zagadnień poruszanych na posiedzeniach poszczególnych komisji. Zagadnienie wyładowań niezupełnych na izolatorach, typizacja kondensatorów słaboprądowych, badania przepięć łączeniowych, zagadnienie stosowania i prób wysokonapięciowych kabli masowych. Normalizacja uderu prądowego do prób odgromników zaworowych, wskazówki odnośnie prób oraz szereg innych interesujących zagadnień.

476* 621.3.016.25.001 D1
Tröger R.: Energetyczne ujęcie przebiegów prądu biernego. „Energetische Darstellung von Blindstromvorgängen”. ETZ-A, Wuppertal, dwutyg., r. 74, Nr 18, wrzes. 53, s. 533; A4, 5 str., 3 rys., 3 wykr., 1 tabl., 13 poz. bibl. — Teoretyczne podstawy określenia mocy i energii w dowolnym przypadku. Definicja mocy biernej. Podstawowe równania dla przebiegów prądu biernego. Obciążenie biegu jałowego w maszynach elektrycznych. Analiza wzorów na moc czynną i obciążenie biegu jałowego. Pomiar wielkości charakterystycznych przy biegu jałowym. Układy pomiarowe. Przykład liczbowy przeliczenia jednofazowego układu prądu zmiennego.

477* 621.3.043.531.38.08 D1
Azbukin J. I.: Dynamiczne wyważanie wirników oparte na pomiarach fazy niewyważenia. „Dinamiceskaja balansirovka rotorow po izmierenijam fazy niebalansa”. Elektr. Stancji., Moskwa, mies., Nr 7, lip. 53, s. 27; A4, 3 str., 3 rys. — Trzy sposoby wyważania wirników we własnych łożyskach, które mogą być stosowane przy braku dokładnych przyrządów mierzących amplitudę drgań: metoda podwojenia próbnego ciężaru, metoda dwóch przesunięć próbnego ciężaru oraz metoda trzech przesunięć próbnego ciężaru.

478* 621.3.048.1:621.3.017.75 D1
Mathivet P., Duflos J.: Nowoczesna koncepcja uzwojenia oraz przewodność termiczna izolacji elektrycznych. „Conception moderne des bobinages et conductibilité thermique des isolants électriques”. Rev. gen. Electr., Paris, mies., t. 62, Nr 7, lip. 53, s. 317; A4, 6 str., 3 wykr., 6 tabl., 1 poz. bibl. — Przewodność termiczna materiałów izolacyjnych stosowanych w maszynach elektrycznych. Wpływ przewodności na kształt krzywej rozkładu temperatury w uzwojeniach. Tabele wykonanych pomiarów. Omówienie wyników. Wnioski.

479* 621.3.054.42 D1
Jakub J. A.: Pojemnościowa kompensacja podłużna linii elektroenergetycznej 220 kV. „Prodlonnaja jomkostnaja kompensacija linij elektropriedaczi 220 kV”. Elektr. Stancji., Moskwa, mies., Nr 7, lip. 53, s. 59; A4, 4 str., 5 rys., 3 poz. bibl. — Poprawa równowagi statycznej i dynamicznej przez zastawianie pojemności (zmniejszenie oporności biernej linii). Dobór kondensatorów. Radzieckie, szwedzkie i amerykańskie układy kondensatorów statycznych. Poprawa współczynnika mocy linii.

Elektrownie wodne

480* 621.311.21:621.311.17:621.311.18 D1
Morbey-Affonso J.: Elektrownia wodna w Castello do Bode (Portugalia). Wyposażenie elektromechaniczne. „L'usine génératrice hydroélectrique de Castello do Bode (Portugal). Equipement électromécanique”. Rev. gen. Electr., Paris, mies., t. 62, Nr 1, stycz. 53, s. 7; A4, 17 str., 18 fot., 2 rys. — Budowa wielkiej elektrowni wodnej w Portugalii w r. 1945. Podstawowe dane techniczne elektrowni. Plan sytuacyjny elektrowni. Zapory na rzekach i jeziorze. Widok ogólny wyposażenia wewnętrznych elektrowni. Turbogeneratory typu Francis. Urządzenia regulacyjne szybkości turbin. Charakterystyka i dane znamionowe generatorów. Zabezpieczenia. Dane znamionowe transformatorów. Aparatura elektryczna główna. Po-

mocnicze źródła napięcia zmiennego. Pomocnicza sieć prądu stałego. Urządzenia i instalacje pomocnicze (oświetlenie, telefony, pomiar zdalny).

Maszyny elektryczne

481* 621.313.13—181.4 D1
Hannmann J.: Studium działania silnika elektrycznego prądu stałego lub prądu zmiennego bardzo małej mocy. „Étude du fonctionnement d'un moteur électrique à courant continu ou à courant alternatif de très faible puissance”. Rev. gen. Electr., Paris, mies., t. 62, Nr 4, kw. 53, s. 161; A4, 14 str., 18 rys., 12 wykr., 5 tabl. — Ogólnikowy przegląd historii maszyn elektrycznych. Opis i analiza pracy silnika o mocy 0,001 KM (obwód elektryczny, elementy konstrukcyjne, kształt krzywej prądu, wady i zalety maszyny, badania oscylograficzne pracy maszyny, analiza komutacji). Wyniki prób i badań maszyny (pomiar dynamometrem, pomiar mocy elektrycznej, pomiar szybkości, pomiar pojemności, zestawienie wyników badań). Charakterystyki maszyny badanej. Poprawa sprawności. Zestawienie wzorów do obliczenia parametrów maszyny.

482* 621.313.2—9:621.3.041.1:621.34 D1
Wiesemeyer W., Zorn M.: Dwie maszyny prądu stałego. „Grosse Gleichstrommaschinen”. ETZ-A, Wuppertal, dwutyg., r. 74, Nr 11, czerw. 53, s. 339; A4, 4 str., 3 fot., 2 rys., 1 wykr. — Podstawowe wymiary maszyn prądu stałego (obliczenia). Silniki do walcarek. Charakterystyka momentu w funkcji obrotów. Silniki do maszyn dźwigowych. Włączanie i regulacja dużych maszyn prądu stałego. Rozwiązania konstrukcyjne dużych maszyn (specjalnie wyciągowych). Zagadnienie chłodzenia; kształty nabiegunków.

483* 621.313.2—9:621.319.4 D1
Boyajian A.: Silnik prądu stałego jako kondensator. „The D—C motor as a capacitor”. Electr. Engng., New York, mies., t. 72, Nr 2, luty 53, s. 154; A4, 2 str., 2 rys., 1 tabl., 9 poz. bibl. — Traktowanie energii kinetycznej, nagromadzonej w wirującym wirniku maszyny prądu stałego, jako energii elektrycznej w naładowanym kondensatorze. Wyprowadzenie wzorów na obliczanie pojemności maszyny prądu stałego. Dane dla maszyn 1 HP i 220 HP. Możliwości rezonansu z indukcyjnością obwodu głównego.

484* 621.313.3:621.3.012.8 D1
Fourmarier P.: Schematy zastępcze maszyn elektrycznych w stanie przejściowym. „Les schémas équivalents des machines électriques en régime transitoire”. Bull. SEV., Zürich, dwutyg., t. 44, Nr 12, czerw. 53, s. 527; A4, 6 str., 12 rys. — Zastosowanie składowych symetrycznych do zjawisk przejściowych. Schematy zastępcze silnika asynchronicznego o jednym i dwóch uzwojeniach wirnika. Schemat zastępczy prądnicy synchronicznej. Przykłady zastosowania tej metody dla zwarcia trójfazowego prądnicy synchronicznej oraz dla zwarcia międzyfazowego. Zgodność otrzymanych wyników z innymi metodami.

485* 621.313.32:621.317.6 D1
Nürnberg W.: Badanie maszyn synchronicznych w stanie spoczynku. „Untersuchung der Synchronmaschine im Stillstand”. ETZ-A, Wuppertal, dwutyg., r. 74, Nr 11, czerw. 53, s. 334; A4, 4 str., 4 rys., 6 wykr. — Rodzaje pomiarów, przeprowadzanych na maszynach synchronicznych w stanie spoczynku (krzywa magnesowania, oporności itp.). Sposoby przeprowadzania badań. Pomiar strumienia magnetycznych (napięcie) przy pomocy dodatkowych uzwojeń probierczych. Badania maszyn w biegu (pomiar magnetyczny, charakterystyki zwarcia, pomiar rozproszenia). Badania stojana przy zasilaniu prądem stałym (pomiar magnetyczny, charakterystyka zwarcia). Zdejmowanie krzywej napięciowej.

486* 621.3.018.6:621.313.322 D1
Rozowski J. A.: O powstawaniu kołysań maszyn synchronicznych przy ich pracy na skompensowaną linię przesyłową. „O samoraskacziwanii sinchronnych maszin pri ich rabotie na kompiensirowannuju liniju elektropriedaczi”. Elektriczestwo, Moskwa, mies., nr 10, paźdz. 53, s. 3; A4, 6 str., 5 rys., 4 poz. bibl. — Wpływ napięcia na zaciskach generatora na

skłonność do powstawania kołysań. Określenie przedziału statecznej pracy. Stabilizujące działanie charakterystyki mechanicznej turbiny wodnej przy zmianach szybkości wewnątrz martwej strefy regulatora szybkości. Maszyna synchroniczna jako układ drgający. Wyniki badań na modelu i na maszynach w dwóch siłowniach wodnych.

487* 621.313.333:621—578.3 D1

Luc. A.: **Sprzęgło asynchroniczne**. „Accouplement asynchrone”. Bull. soc. franc. Electr., Paris, mies., t. 3, Nr 33, wrzes. 53, s. 588; A4, 4 str., 1 fot., 2 rys., 2 wyk. — Opis i podstawowa teoria sprzęgła asynchronicznego. Wykresy momentu w funkcji szybkości dla różnych rodzajów uzwojeń wtórnych. Zasady konstrukcji. Inne rodzaje sprzęgieł nie ciernych. Wnioski, zalety, możliwości stosowania.

488* 621.313.333.2:621.316.717 D1

de Marsac H.: **Rozruch silników asynchronicznych klatkowych**. „Démarrage des moteurs asynchrones à cage”. Électricité, Paris, mies., t. 37, Nr 193, kw. 53, s. 73; A4, 6,5 str., 2 rys., 9 wyk., 3 tabl. — Określenie rozruchu. Parametry charakteryzujące rozruch. Momenty obciążające. Warunki rozruchu dopuszczalne ze względu na instalację elektryczną. Czas rozruchu. Różne rozwiązania zagadnienia rozruchu w zależności od posiadanych założeń.

Linie napowietrzne

489* 621.315.17 D1

Griebienszczikow Ł. N., Komissarow A. I.: **Z doświadczeń montażu przewodów linii 400 kV**. „Iz opyta montaža проводов linij 400 kV”. Elektr. Stancji, Moskwa, mies., Nr 9, wrzes. 53, s. 32; A4, 3,5 str., 8 rys. — Naciąganie przewodów na rolki przy pomocy traktorów. Montaż jednoczesny wszystkich przewodów jednej fazy. Trudności w zawieszaniu łańcuchów odciągowych (3×22 ogniwa) pod odpowiednim kątem zbliżonym do poziomu. Konieczność wykonania stopni na słupie i drabinki na poprzeczniku dla zabezpieczenia pracujących.

Kable

490* 621.315.2.004.87 D1

Kalita W. T.: **Wysuszanie kabli energetycznych i sposób ich regeneracji**. „Osusziwanie siłowych kabelej i sposób ich wosztanowienia”. Elektr. Stancji, Moskwa, mies., Nr 9, wrzes. 53, s. 41; A4, 4 str., 2 rys. — Tworzenie się przerwy między powłoką ołowianą a izolacją papierową na skutek różnych współczynników rozszerzalności cieplnej. Odpływ syciwa do powstałych przerw w przypadku różnicy poziomów położenia kabla, stąd wysychanie syciwa w górnych odcinkach. Urządzenie uzupełniające niedobory syciwa w warunkach eksploatacji. Wyniki badań eksploatacyjnych kabli i wpływ stałego zasilania syciwem. Przypadki kabli z mufami wewnętrznymi i napowietrznymi.

Materiały izolacyjne

491* 621.315.615.004.62 D1

Wörner T.: **Liczba furfurolowa jako kryterium do oceny olejów izolacyjnych**. „Die Furfurolzahl als Bewertungsmass für Isolieröle”. ETZ-A, Wuppertal, dwutyg., Nr 17, wrzes. 53, s. 513; A4, 1,5 str., 3 rys., 4 poz. bibl. — Wykrywanie produktów rozkładu oleju pod wpływem starzenia. Zagadnienie szkodliwości istnienia węglodoropochodnych w oleju. Zastąpienie wskaźnika liczby kwasowej wskaźnikiem liczby furfurolowej. Wyniki prób w laboratorium Siemens.

492* 621.315.617 D1

Hayden J. D.: **Sylikony na wysoką temperaturę**. „Hightemperature silicones”. Electr. Rew., London, tyg., t. 153, Nr 7, sierp. 53, s. 330; A5, 3 str., 2 wyk., 2 tabl., 3 poz. bibl. — Właściwości i zastosowania nowych sylikonów o nazwie fabrycznej: MS 994, MS 997 oraz MS 2105. Dopuszczalna temperatura pracy 200°C. Skrócenie czasu impregnacji lakierami MS 994 i MS 997 do 10 godzin w porównaniu do 72 godzin przy stosowaniu innego typu lakierów. Zastosowanie MS 2105 przy budowie transformatorów.

Izolatory

493* 621.315.62:621.317.333 D1

Borisoglebski P. W., Swi P. M.: **Wykrywanie defektoskopami uszkodzonych izolatorów**. „Obnarużenie powriedionnych izolatorow diefektoskopami”. Elektr. Stancji, Moskwa, mies., Nr 9, wrzes. 53, s. 44; A4, 3 str., 6 rys., 1 tabl. — Błędy metody defektoskopowej prowadzą do odrzucania izolatorów, które w 18% przypadków są zadowalające. Pomiary prądu ulotu (oscylograficzne), porównanie ze wskazaniami defektoskopu. Przykłady dla łańcucha izolatorów oraz dla kondensatora z walców koncentrycznych. Porównanie prądu ulotu obydwu biegunowości, odkształcenia. Wpływ deszczu na ulot.

494* 621.315.62.004.5:537.311.3:546.212 D1

Koch W.: **Oporność strumieni wody**. „Widerstand von Wasserstrahlen”. ETZ-A, Wuppertal, dwutyg., Nr 18, wrzes. 53, s. 543; A4, 1,5 str., 2 rys., 3 poz. bibl. — Konieczność czyszczenia izolatorów wysokonapięciowych podczas pracy nakłada wymagania elektryczne dla wody używanej do czyszczenia. Wyniki pomiarów oporności strumieni wody o długościach rzędu metrów i średnicach strumieni rzędu centymetrów. Obliczanie oporności oraz prądu mogącego wpływać przez strumień wody. Przykłady dla linii 60 kV.

495* 621.315.62.015.33:621.317.619 D1

Schönenberg R.: **Wpływ kształtu izolatorów oraz armatur ochronnych na charakterystyki udarowe izolatorów liniowych**. „Der Einfluss von Isolatorform und Schutzarmaturen auf die Stosskennlinien von Freileitungsisolatoren”. ETZ-A, Wuppertal, dwutyg., Nr 16, sierp. 53, s. 485; A4, 1,5 str., 3 rys., 2 poz. bibl. — Charakterystyki udarowe izolatorów kołpakowych, pełnordzeniowych i długopniowych. Porównanie w odniesieniu do 50% napięcia przeskołu. Łańcuch tej samej długości złożony z większej ilości drobnych elementów posiada charakterystykę bardziej płaską. Nieznaczny wpływ armatur rozkowych, szybkie zagięcie charakterystyki przy armaturach pierścieniowych.

Sieci i podstacje

496* 621.316.1:621.316.364:621.315.2 D1

Bubenko J.: **Rozbudowa sieci miejskiej z rozdzielniami okapturzonymi**. „Der Ausbau eines Stadtnetzes mit gekapselten Schaltanlagen”. Bull. SEV., Zürich, dwutyg., Nr 19, wrzes. 53, s. 829; A4, 7,5 str., 9 rys., 26 poz. bibl. — Założenia rozbudowy sieci 10 kV w mieście szwedzkim Gävle. Schemat sieci kablowej wielostronnie zasilanej. Wskaźniki ekonomiczne doboru mocy i gęstości stacji transformatorowych oraz przekroju kabli. Schematy rozdzielni. Przykłady celek okapturzonych o oszczędnym wykorzystaniu miejsca. Uziemienia rozdzielni. Urządzenia sterownicze, sygnałowe i inne pomocnicze.

497* 621.316.264:621.331 D1

Garreau M.: **Podstacje trakcyjne linii Paryż—Lyon**. „Les sous-stations de traction de la ligne Paris—Lyon”. Électricité (supplement), Paris, mies., Nr 195 bis, czerw. 53, s. 51; A4, 11 str., 18 fot., 6 rys., 1 tabl. — Ogólny opis systemu zasilania linii trakcyjnej dalekosiężnej Paryż—Lyon. Zasilanie od strony prądu zmiennego W. N. Rozkład podstacji prądu stałego 1500 V wzdłuż szlaku. Urządzenia sterujące. Aparatura, systemy zabezpieczenia. Transformatory i wyłączniki. Obwody pomocnicze. Prostowniki rtęciowe, wyłączniki ultraszybkie i celki rozdzielcze. Zasilacze. Telemetria.

498* 621.316.36:621.316.37.027.3:614.825 D1

Fleck B.: **Środki ochrony w rozdzielniach wysokonapięciowych**. „Schutzmassnahmen im Hochspannungs-Schaltanlagenbau”. ETZ-A, Wuppertal, dwutyg., Nr 17, wrzes. 53, s. 509; A4, 3,5 str., 7 rys., 18 poz. bibl. — Porównanie rozdzielni o celkach otwartych, półotwartych i okapturzonych pod względem rozprzestrzeniania się łuku powstałego na odłącznikach. Przykłady dla urządzeń do 30 kV. Blokada wejścia do celek znajdujących się pod napięciem (blokada mechaniczna, elektryczna, elektromagnetyczna, pneumatyczna, przekazywanie blokującej). Porównanie kosztów różnych rodzajów ochrony przeciwłukowej oraz blokad.

Wyłączniki

499* 621.316.621.3.014.3 D1

Langrehr H.: **Najlepsze wykorzystanie wyłączników w elektrowniach i sieciach wysokich napięć**. „Optimale Ausnutzung von Schaltern in Kraftwerken und Hochspannungsnetzen”. Elektrizitätswirtschaft, Frankfurt am Mein, dwutyg., Nr 9, maj 53, s. 236; A4, 7 str., 19 rys., 2 tabl. — Moce zwarcia dla układów zasilanych bezpośrednio z elektrowni oraz przez linię napowietrzną. Sprężenie układu rozpatrywanego z innymi częściami sieci. Przypadki zasilania w układzie blokowym, bądź przez wspólną szynę. Dławiki przeciwzwarciowe szynowe i liniowe. Współczynniki do wyznaczania mocy zwarcia i wyłącznika dla poszczególnych układów zasilania.

500* 621.316.542.23:621.3.036 D1

Kirchdorfer J.: **Zagadnienie styków w wyłącznikach piecowych**. „Die Kontaktfrage bei Hertschaltern”. ETZ-A, Wuppertal, dwutyg., r. 74, Nr 24, grud. 53, s. 707; A4, 3 str., 1 fot., 1 rys., 10 wyk., 6 poz. bibl. — Kontakty stykowe i ślizgowe do pieców (na ok. 15 A). Analiza pracy kontaktów ślizgowych. Charakterystyki zależności siły i temperatury oraz siły i poślizgu. Kontakty stykowe dociskane. Charakterystyki trwałości w zależności od temperatury. Porównanie kontaktów dociskanych i ślizgowych. Obliczenia siły docisku kontaktów.

Regulacja

501* 621.316.7.078:621.311.28 D1
Archangielski N. K.: **Automatyczna regulacja przewodnych silowni**. „Awtomatizieskoje riegulirowanie pieriedwiznych elektrostancij”. Energet. Biull., Moskwa, mies., Nr 10, paźdz. 53, s. 10; B5, 5 str., 7 rys., 3 poz. bibl. — Przewoźne elektrownie prądu zmiennego do 250 kVA. Schematy i opisy działania układów dla stabilizacji napięcia przy rozruchu silników asynchronicznych pierścieniowych i klatkowych i w czasie pracy. Nowoczesne układy z zastosowaniem wzmacniaczy magnetycznych. Zastąpienie wzbudnicy prostownikiem selenowym.

502* 621.316.71:621.34:622.66 D1
Żywow L. G.: **Obliczanie oporów regulacyjnych układu prądnic-silnik przy napędzie kopalnianej maszyny wyciągowej**. „Rasczot riegulirowocznych soprotiwlenij sistiemy gienierator-dwigateli priwoda szachthoj podjomnoj masziny”. Električestwo, Moskwa, mies., wrzes. 53, s. 26; A4, 7,5 str., 13 rys., 1 poz. bibl. — Analiza procesu rozruchowego silnika zasilanego z prądnicy Leonarda przy zastosowaniu wzmacniacza elektromaszynowego i bez niego. Wpływ stałej czasu uzwojenia wzbudzenia prądnicy i stałej elektromechanicznej oraz liczby stopni rozruchowych. Najlepszy rozruch przy niedużej liczbie stopni. Przykłady obliczeniowe, ilustracje graficzne równań.

503* 621.316.717 D1
Slater E. C.: **Rozruch bezpośrednio z sieci**. „Direct-on-Line Starting”. Electr. Rev., London, tyg., t. 153, Nr 6, sierp. 53, s. 278; A5, 7 str., 7 fot., 1 rys., 1 tabl. — Zalety i wady rozruchu przez bezpośrednie włączanie do sieci dużych silników od 100 do 2000 HP. Wpływ na inne odbiory. Oscylogram bezpośredniego rozruchu z sieci silnika synchronicznego 2000 HP 3,3 kV. Stosowane wyłączniki. Prądy rozruchu. Spadki napięcia. Zjawiska przy szybkim powrocie napięcia po zaniku lub przy przełączaniu na inne źródło zasilania.

504* 621.316.717.001.24 D1
Kunicki N. P.: **Sposób otrzymania optymalnego prądu na drodze parametrycznej przy rozruchu silnika w układzie prądnica-silnik**. „Poluczenje optimalnowo toka parametriczeskim putiom pri puskie dwigatiela w sistiemie gienierator-dwigateli”. Izw. Akad. Nauk SSSR, Otd. techn. Nauk., Moskwa, mies., Nr 8, sierp. 53, s. 1143; B5, 14 str., 9 rys., 1 poz. bibl. — Trójstopniowy układ prądnica-silnik, wzbudzenie wzbudnicy zasilane ze wzmacniacza. Równania napięć dla poszczególnych obwodów. Warunki dla uzyskania stałości prądu twornika przy rozruchu. Wpływ stałych czasu. Wyniki badań na zespole mocy 500 kW. Dobór parametrów dla uniknięcia kołysań.

Miernictwo elektryczne

505* 621.317.32:537.71 D1
Schulze A.: **Techniczna kontrola elektrycznych jednostek prądu względnie napięcia**. „Die messtechnische Überwachung der elektrischen Strom-bzw. Spannungseinheit”. Arch. techn. Messen., München, mies. Nr 212, wrzes. 53, s. 199; A4, 2 str., 1 fot., 1 tabl., 9 poz. bibl. — Definicja jednostki prądu. Możliwości kontroli technicznej jednostki prądu. Ustalenie międzynarodowej wartości siły elektromotorycznej ogniwa Westona w 1911 r. Okresowa kontrola sem wzorcowej. Współzależności między jednostkami międzynarodowymi i absolutnymi napięcia. Sposób przechowywania ogniów wzorcowych w Niemieckim Urzędzie Miar i Wag. Wyniki okresowej kontroli niemieckiego wzorca napięcia.

Miernictwo

506* 531.771.087.252:621.317.361 D1
Reinhardt F.: **Stroboskopowe pomiary liczby obrotów**. „Stroboskopische Drehzahlmessungen”. Arch. techn. Messen., München, mies., Nr 212, wrzes. 53, s. 195; A4, 4 str., 3 rys., 1 wyk. — Fizyczne podstawy stroboskopowej metody badań. Proste urządzenie stroboskopowe z dwoma tarczami. Liczba obrazów i wartość przesunięcia. Urządzenie stroboskopowe z jedną tarczą. Urządzenie stroboskopowe z komórką fotoelektryczną. Porównanie metod; dokładność pomiarów, zalety metod pomiarowych.

507* 531.771.087.252:621.317.361 D1
Hermann P. K.: **Stroboskopowe pomiary liczby obrotów**. „Stroboskopische Drehzahlmessungen”. ETZ-A, Wuppertal, dwutyg., t. 74, Nr 24, grud. 53, s. 698; A4, 4 str., 1 rys., 4 wyk. — Zalety stroboskopowej metody pomiaru ilości obrotów w porównaniu z innymi metodami. Metody kompensacyjne pomiaru częstotliwości (sposoby określania częstotliwości dla średnich i dużych wielkości). Metody pomiaru najwyższych częstotliwości (10⁶ Hz). Bezpośredni względny pomiar liczby obro-

tów. Przykłady tarcz z podziałką do określania częstotliwości. Ciągły pomiar ilości obrotów.

508* 536.53:621.317.7 D1
Suchet J.: **Kilka prostych wykresów dla zastosowania termistorów**. „Quelques abaques simples pour l'utilisation des thermistances”. Mesures, Paris, mies., r. 18, Nr 195, sierp. 53, s. 445; A4, 4 str., 7 wyk., 3 poz. bibl. — Ogólne wiadomości o termistorach. Obliczanie oporności termistorów przy pomocy wykresów. Nakładanie się wykresów. Układy równoległe oporów i termistorów. Właściwości termistorów. Zastosowanie termistorów w układach różnicowych.

509* 621.317.7:681.2 D1
Aparatura pomiarowa i przyrządy precyzyjne na Targach Lipskich w 1953. „Les appareils de mesure et instruments de précision à la foire de Leipzig 1953”. Mesures, Paris, mies., r. 18, Nr 195, sierp. 53, s. 437; A4, 5 str., 8 fot. — Przyrządy precyzyjne firmy niemieckiej „Zeiss-Jene” na wystawie w Lipsku (mikrometry, czujniki, lupy itp.). Różne rodzaje mikroskopów (uniwersalny, warsztatowy, projekcyjny). Przyrząd do badania powierzchni obrobionej. Przyrządy innych firm, produkujących aparaturę precyzyjną. Przyrządy optyczne (refraktrymetry, interferometry, monochromatory, fotometry). Kolorymetry.

510* 621.314.63:621.317.7.083.4 D1
Geyger W.: **Prostownik pomiarowy ze sterowaniem obcym. Teoria modulatora pierścieniowego w układzie mostkowym**. „Fremdgesteuerte Messgleichrichter. Theorie der Ringmodulator — Brückenschaltung”. Arch. techn. Messen., München, mies., Nr 157, paźdz. 53, s. T112; A4, 2 str., 2 rys., 2 poz. bibl. — Układy mostkowe prostowników: rozpyły prądów dla poszczególnych połówek prądu zmiennego. Analiza wzorów na wartości chwilowe, średnie i przesunięcia fazowe dla prądów w podanych układach.

511* 621.317.727.083.5:621.317.714.024:621.3.089.6 D1
Kompensatory stopniowe. „Stufenkompensatoren”. Arch. techn. Messen., München, mies., Nr 211, sierp. 53, s. 191; A4, 2 str., 2 fot., 1 rys., 3 poz. bibl. — Kompensatory typu Schmidta do sprawdzania mierników prądu stałego. Dodatkowe zalety kompensatorów produkcji AEG (bezpośredni odczyt uchybu miernika badanego). Budowa i działanie kompensatora. Stopniowanie oporów. Sposób przeprowadzania pomiarów przy pomocy kompensatora. Konstrukcja stołu pomiarowego.

Generatory udarowe

512* 621.319.5:621.317.35 D1
Lenze F. A.: **Wytwarzanie ударов normalnych w tłumionym obwodzie drgającym**. „Erzeugung normgerechter Stosswellen im gedämpften Schwingungskreis”. ETZ-A, Wuppertal, dwutyg., Nr 16, sierp. 53, s. 475; A4, 2,5 str., 9 rys. — Wytwarzanie ударов o wykładniczym kształcie czoła i grzbietu. Układy zastępcze generatora udarowego. Tłumienie drgań, związki między stałymi generatora. Wyniki badań oscylograficznych kształtu udaru. Obwód udarowy Schwenkhagena dla przypadku dużej indukcyjności obwodu udarowego. Wyznaczanie czasu trwania czoła udaru, jako $\frac{2,7 L}{R}$.

513* 621.319.53.001.24 D1
Salka O.: **Obliczanie obwodu udarowego**. „Berechnung des Stosskreises”. Arch. Elektrotechn., Berlin, Nr 1, 1953, s. 18; A4, 9,5 str., 4 rys., 1 tabl., 10 poz. bibl. — Przystąpienie do obliczenia obwodu, jako do 5 oporności zespolonych, z których tylko jedna jest czysto pojemnościowa. Przykłady uproszczeń z zaniedbaniem L lub innych elementów. Metoda obliczania T₁ dla znanych elementów układu, wykres. Wyznaczanie sprawności obwodu w funkcji stałych czasu. Matematyczny i techniczny sposób określania poszczególnych wartości. Uproszczone obliczenia dla obwodu C₁R₁R₂C₂. Przykłady liczbowe.

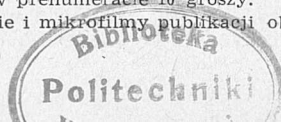
Trakcja elektryczna

514* 621.316.264:621.33 D1
Nowa podstacja trakcyjna. „New traction substation at surrey docks L.T.E.”. Rlw. Gaz., London, tyg., t. 99, Nr 22, list. 53, s. 601; A4, 2 str., 3 fot. — Prostownikowa podstacja trakcyjna na napięcie 660 V prądu stałego. Trzy zespoły prostownikowe o mocy 1000 kW (po dwa 6-anodowe zawory 500 kW chłodzone powietrzem). Podwójny układ szyn zbiorczych podzielony na trzy sekcje. Wyłączniki olejowe po stronie prądu zmiennego 11 kV na 400 A o mocy wyłączalnej 350 MVA. Wyłączniki prądu stałego pracują przy obniżeniu napięcia do 400 V. Transformatory prostownikowe 11000/593 V chłodzone powietrzem. Podstacja jest sterowana zdalnie.

- 5151 621.33.001.24: 625.036.1 D1
Thompson E. G.: **Urządzenie do obliczeń trakcyjnych prędkości — czasu — odległości i zużycia energii.** „A mechanical method of calculating railway speed-time-distance-consumption data — 1”. Rlw. Gaz., London, tyg., t. 99, Nr 18, paźdz. 53, s. 485; A4, 4 str., 1 rys., 7 wykr. — Krótkie omówienie dotychczasowych metod (analizy czasowej oraz dwóch graficznych) przeprowadzania obliczeń trakcyjnych. Opis specjalnego urządzenia T.D.C. (timed — stance — consumption) przyspieszającego znacznie wykonanie obliczeń trakcyjnych. Przykładowe obliczenie na trasie prostej poziomej.
- 516* 621.33.001.24:625.036.1 D1
Thompson E. G.: **Urządzenie do obliczeń trakcyjnych prędkości — czasu — odległości i zużycia energii.** „A mechanical method of calculating railway speed — time — distance — consumption data — 2”. Rlw. Gaz., London, tyg., t. 99, Nr 22, list. 53, s. 597; A4, 3,5 str., 3 wykr. — Przy pomocy urządzenia wykonano obliczenia trakcyjne czasu, odległości, zużycia energii dla kilku różnych odcinków linii (wzniesienia, spadki, łuki). Wyjaśnienie poszczególnych charakterystyk naniesionych na urządzenie.
- 517* 385:621.331 D1
Dugas R.: **Zagadnienie energii napędowej na kolejach.** „Le problème de l'énergie dans les chemins de fer”. Électricité (supplement), Paris, mies., Nr 195 bis, czerw. 53, s. 5; A4, 6 str., 4 tabl. — Analiza i statystyka zużycia węgla, energii elektrycznej oraz innych paliw do napędu lokomotyw kolejowych. Określenie równoważnika węglowego dla trakcji elektrycznej. Zagadnienie taniej energii wysuwa trakcję elektryczną na czoło nowoczesnej techniki kolejowej. Podano statystykę zużycia paliw dla USA w porównaniu z krajami Europy Zachodniej i Afryki. Zagadnienia napędowe na tle rozwoju rozmaitych systemów trakcji elektrycznej.
- 518* 621.3.051.3:621.331 D1
Chamayou M.: **Zasilanie elektryczne szlaku Paryż-Lyon.** „Alimentation en énergie électrique de l'artère Paris — Lyon”. Électricité (supplement), Paris, mies., Nr 195 bis, czerw. 53, s. 62; A4, 3 str., 2 fot., 1 rys., 1 wykr. — Opis zasilania w energię elektryczną linii Paryż — Lyon od strony sieci przemysłowej W.N. Rozmieszczenie linii przesyłowych. Krzywa obciążenia dobowego. Roczne zużycie energii w 1951 r. wyniosło 242,9 MkWh.
- 519* 621.332.3 D1
Crepet A.: **Opis sieci jezdnej i jej zawieszenia; umieszczenie jej elementów.** „Description de la caténaire et de sa suspension; mise en place des différents éléments constitutifs”. Électricité (supplement), Paris, mies., Nr 195 bis, czerw. 53, s. 65; A4, 3 str., 8 fot., 1 wykr. — Przyjęty rodzaj sieci dla szlaku Paryż — Lyon. Sieć podwójnie zawieszona, przekrój czynny ~ 480 mm² miedzi. Sposób montażu. Liczne fotografie ilustrujące prace montażowe i konserwatorskie.
- 520* 621.333.621.3.017.71:536.51 D1
Michel O.: **Przyrost temperatury uzwojeń silników trakcyjnych i jego pomiar na stacji prób.** „Die Wicklungserwärmung beim Bahnmotor und ihre Messung im Prüffeld”. Electr. Bahnen., München, mies., t. 24, Nr 7, lip. 53, s. 175; A4, 4,5 str., 4 wykr. — Porównanie wymagań stawianych przez przepisy niemieckie i międzynarodowe odnośnie pomiaru przyrostu temperatury uzwojeń silników trakcyjnych. Niedokładności tego pomiaru i przyczyny je wywołujące. Uwzględnienie przy pomiarach niejednorodności materiału z jakiego składa się silnik. Sposoby otrzymywania dokładniejszych wyników.
- 521* 621.335.11 D1
Schipper P., Jaxtheimer W.: **Urządzenia przeciwpoślizgowe.** „Die Schleuderschutteinrichtung”. Electr. Bahnen., München, mies., t. 24, Nr 7, lip. 53, s. 179; A4, 1 str., 1 rys., 1 wykr., 1 poz. bibl. — Opis nowowykonanego urządzenia chroniącego przed poślizgiem pojazdu w czasie ruszania i hamowania. Schemat i sposób jego działania. Przez zastosowanie wentyli magnetycznych uzyskano wymaganą szybkość działania urządzenia.
- 522* 621.335.2 D1
Woimant S.: **Lokomotywy 2D2 linii Paryż-Lyon.** „Locomotives 2D2 de Paris-Lyon”. Électricité (supplement), Paris, mies., Nr 195 bis, czerw. 53, s. 37; A4, 6 str., 6 fot., 1 rys., 1 wykr., 1 tabl. — Charakterystyka lokomotyw obsługujących linię Paryż-Lyon. Historia powstania obecnie przyjętego typu lokomotyw. Moc godzinna 4880 KM. Charakterystyka siły pociągowej w funkcji prędkości. Opis elementów konstrukcyjnych: silniki, sposób zawieszenia, schemat obwodu głównego. Opis obwodów sterujących.
- 523* 621.335.2 D1
Lothon M.: **Szybkie lokomotywy elektryczne BB-9001 i 9002-BB 9003 i 9004.** „Les locomotives électriques à grande vitesse BB 9001 et 9002 — BB 9003 et 9004”. Électricité (supplement), Paris, mies., Nr 195 bis, czerw. 53, s. 42; A4, 6 str., 4 fot., 8 rys., 1 wykr. — Lokomotywy skonstruowane do obsługi szybkich pociągów pasażerskich ruchu dalekobieżnego. Opis prototypów o mocy 4820 kW i szybkości do 160 km/h. Główne wymiary. Część mechaniczna — zawieszenie silników, rozlokowanie aparatury. Obwody główne, urządzenia sterujące.
- 524* 621.335.2 D1
Francuskie lokomotywy pośpieszne Bo-Bo. „French highspeed Bo-Bo locomotives”. Rlw. Gaz., London, tyg., t. 99, Nr 10, wrzes. 53, s. 265; A4, 2 str., 2 fot., 1 rys. — Krótki opis lokomotyw elektrycznych prądu stałego 1500 V, 4000 KM o układzie osi Bo-Bo, obciążenie osi 20 t, ciężar doczepny 715 t, prędkość 87,5 mil/godz. Chłodzenie sztuczne oporników ruchowych w czasie rozruchu. Rozruch automatyczny lub ręczny. 23 stopnie rozruchowe dla połączenia silników szeregowo-równoległego, 19 — dla równoległego oraz po 10 — z osłabionym wzbudzeniem dla każdej grupy połączeń silników. Z tego 12 jest położonych jezdnych. Silniki sześciobiegunowe z uzwojeniem kompensacyjnym lub czterobiegunowe bez tego uzwojenia. Osłabienie wzbudzenia do 70%.
- 525* 621.335.2.024 D1
Jouanneau M.: **Lokomotywy BB serii 8100 oraz CC serii 7100.** „Les locomotives BB série 8100 et CC série 7100”. Électricité (supplement), Paris, mies., Nr 195 bis, czerw. 53, s. 27; A4, 10 str., 12 fot., 9 rys., 2 wykr., 3 tabl. — Zadania postawione lokomotywom przy elektryfikacji kolei francuskich prądem stałym 1500 V. Omówiono dwa typy lokomotyw BB oraz CC. Zestawienie danych charakterystycznych obu typów odnośnie części mechanicznej. Wyposażenie elektryczne. Aparatura. Schemat głównego obwodu trakcyjnego. Charakterystyki silników. Sposób zawieszenia silników i rozmieszczenia aparatury. Rysunki wymiarowe.
- 526* 621.335.42 D1
Nowe jednostki elektryczne w Szwajcarii. „New „Red—Arrow” railcars in Switzerland”. Rlw. Gaz., London, tyg., t. 99, Nr 12, wrzes. 53, s. 323; A4, 1 str., 2 fot. — Omówienie dwuwagonowych jednostek elektrycznych przeznaczonych głównie dla ruchu wycieczkowego. Każdy wagon spoczywa na dwóch wózkach. W środkowych wózkach znajdują się po dwa silniki o mocy 350 KM każdy. Maksymalna prędkość 77,5 mil/godz. Ciężar pustych wagonów 87 t. Hamowanie dwustopniowe pneumatyczne oraz elektryczne oporowe. Aparatura elektryczna znajduje się w górnej części wagonów. Wnętrze wagonów komfortowe: oświetlenie rurami jarzeniowymi 250 V, radiofonizacja, dobra wentylacja.
- 527* 621.335.42:625.61 D1
Lothon M.: **Elektryczne jednostki pociągowe komunikacji podmiejskiej rejonu południowo-wschodniego.** „Les automotrices électriques de la banlieue Sud-Est”. Électricité (supplement), Paris, mies., Nr 195 bis, czerw. 53, s. 48; A4, 3 str., 3 fot., 5 rys. — Zadania, jakie stoją przed taborem komunikacji podmiejskiej. Opis urządzeń mechanicznych jednostek rejonu paryskiego. Rysunki wymiarowe, silniki trakcyjne, sposób zawieszenia. Sprzęgi automatyczne.
- 528* 621.337.521:625.62 D1
Hoppe H.: **Moc silników tramwajowych podczas hamowania.** „Bremsleistungen von Strassenbahn-Motoren”. Electr. Bahnen., München, mies., t. 25, Nr 1, stycz. 54, s. 12; A4, 6,5 str., 5 rys., 6 wykr., 4 poz. bibl. — Moce, napięcia i prądy silników tramwajowych podczas ich pracy silnikowej i prądnicowej (w wypadku elektrycznego hamowania oporowego). Omówienie wyników prób eksploatacyjnych elektrycznego hamowania oporowego na tle obowiązujących przepisów. Obliczenia rachunkowe i próby przeprowadzone z silnikiem typu EM 60.

Niniejszy Przegląd Bibliograficzny zawiera jedynie część analiz dokumentacyjnych publikacji z zakresu elektrotechniki. Pełna dokumentacja ukazuje się w postaci k a r t d o k u m e n t a c y j n y c h, wydawanych przez Centralny Instytut Dokumentacji Naukowo-Technicznej (Warszawa, Al. Niepodległości 188). CINDT przyjmuje prenumeratę kart dokumentacyjnych, która może obejmować zarówno całą dokumentację naukowo-techniczną, jak i dział lub poszczególne zagadnienia i tematy techniczne. Cena karty dokumentacyjnej wynosi w prenumeracie 10 groszy.

CINDT wykonuje za zwrotem kosztów fotokopie i mikrofilmy publikacji objętych przeglądem bibliograficznym jak i kartami dokumentacyjnymi.



Warunki prenumeraty czasopism technicznych na rok 1955

Administracja Czasopism Technicznych Naczelnej Organizacji Technicznej, Wydawnictwa Górniczo-Hutnicze, Wydawnictwa Komunikacyjne i Filmowa Agencja Wydawnicza wprowadzają następujące warunki prenumeraty czasopism technicznych na rok 1955:

L. D.	Nazwa czasopisma	A b o n a m e n t					
		Opłata normalna			Opłata ulgowa		
		roczna	pół-roczna	kwartałna	roczna	pół-roczna	kwartałna

CZASOPISMA NAUKOWO-TECHNICZNE							
1. Architektura	180,—	90,—	45,—	90,—	45,—	22,50	
2. Budownictwo Przemysłowe	108,—	54,—	27,—	54,—	27,—	13,50	
3. Cement, Wapno, Gips	54,—	27,—	13,50	36,—	18,—	9,—	
4. Drogownictwo	72,—	36,—	18,—	36,—	18,—	9,—	
5. Energetyka (dwumies.)	72,—	36,—	—	36,—	18,—	—	
6. Energetyka Przemysłowa (Gospodarka Ciepła) (dwumies.)	48,—	24,—	—	24,—	12,—	—	
7. Gazeta Cukrownicza	54,—	27,—	13,50	36,—	18,—	9,—	
8. Gaz, Woda i Technika Sanitarna	72,—	36,—	18,—	36,—	18,—	9,—	
9. Gospodarka Wodna	96,—	48,—	24,—	54,—	27,—	13,50	
10. Hutnik	108,—	54,—	27,—	54,—	27,—	13,50	
11. Inżynieria i Budownictwo	108,—	54,—	27,—	54,—	27,—	13,50	
12. Materiały Budowlane	72,—	36,—	18,—	36,—	18,—	9,—	
13. Nafta	72,—	36,—	18,—	36,—	18,—	9,—	
14. Odzież	54,—	27,—	13,50	—	—	—	
15. Ochrona Pracy	72,—	36,—	18,—	—	—	—	
16. Poligrafika (dwumies.)	36,—	18,—	—	18,—	9,—	—	
17. Przegląd Budowlany	108,—	54,—	27,—	54,—	27,—	13,50	
18. Przegląd Elektrotechniczny	108,—	54,—	27,—	54,—	27,—	13,50	
19. Przegląd Geodezyjny	72,—	36,—	18,—	36,—	18,—	9,—	
20. Przegląd Górniczy	108,—	54,—	27,—	54,—	27,—	13,50	
21. Przegląd Kolejowy	36,—	18,—	9,—	—	—	—	
22. Przegląd Mechaniczny	108,—	54,—	27,—	54,—	27,—	13,50	
23. Przegląd Odlewnictwa	72,—	36,—	18,—	36,—	18,—	9,—	
24. Przegląd Papierniczy	60,—	30,—	15,—	36,—	18,—	9,—	
25. Przegląd Skórzany	60,—	30,—	15,—	36,—	18,—	9,—	
26. Przegląd Spawalnictwa	54,—	27,—	13,50	36,—	18,—	9,—	
27. Przegląd Techniczny	108,—	54,—	27,—	54,—	27,—	13,50	
28. Przegląd Telekomunikacyjny	72,—	36,—	18,—	36,—	18,—	9,—	
29. Przemysł Chemiczny	108,—	54,—	27,—	54,—	27,—	13,50	
30. Przemysł Drzewny	72,—	36,—	18,—	36,—	18,—	9,—	
31. Przemysł Rolny i Spożywczy	90,—	45,—	22,50	54,—	27,—	13,50	
32. Przemysł Włókienniczy	108,—	54,—	27,—	54,—	27,—	13,50	
33. Szkło i Ceramika	54,—	27,—	13,50	36,—	18,—	9,—	
34. Technika i Gospodarka Morska	72,—	36,—	18,—	—	—	—	
35. Technika Lotnicza (dwumies.)	54,—	27,—	—	36,—	18,—	—	
36. Technika Motoryzacyjna	72,—	36,—	18,—	36,—	18,—	9,—	

CZASOPISMA POPULARNO-TECHNICZNE							
37. Chemik	54,—	27,—	13,50	18,—	9,—	4,50	
38. Gospodarka Łączności	54,—	27,—	13,50	—	—	—	
39. Gospodarka Węglem	36,—	18,—	9,—	—	—	—	
40. Horyzonty Techniki	36,—	18,—	9,—	—	—	—	
41. Kinotechnik	36,—	18,—	9,—	—	—	—	
42. Mechanik	108,—	54,—	27,—	36,—	18,—	9,—	
43. Motoryzacja	60,—	30,—	15,—	18,—	9,—	4,50	
44. Przegląd Kolejowy Drogowy	36,—	18,—	9,—	—	—	—	
45. Przegląd Kolejowy Elektro-techniczny	36,—	18,—	9,—	—	—	—	
46. Przegląd Kolejowy Mechaniczny	36,—	18,—	9,—	—	—	—	
47. Przegląd Kolejowy Ruchowo-Handlowy	36,—	18,—	9,—	—	—	—	
48. Radioamator	48,—	24,—	12,—	—	—	—	
49. Technik Przemysłu Spożywczego	36,—	18,—	9,—	—	—	—	
50. Transport	72,—	36,—	18,—	—	—	—	
51. Wiadomości Elektrotechniczne	36,—	18,—	9,—	18,—	9,—	4,50	
52. Wiadomości Telekomunikacyjne	36,—	18,—	9,—	18,—	9,—	4,50	
53. Wiadomości Górnicze	54,—	27,—	13,50	18,—	9,—	4,50	
54. Wiadomości Hutnicze	54,—	27,—	13,50	18,—	9,—	4,50	
55. Włókiennictwo	36,—	18,—	9,—	—	—	—	

Przy czasopismach: „Gospodarka Łączności“, „Odzież“, „Ochrona Pracy“, „Przegląd Kolejowy“, „Technika i Gospodarka Morska“, „Gospodarka Węglem“, „Horyzonty Techniki“, „Kinotechnik“, „Przegląd Kolejowy Drogowy“, „Przegląd Kolejowy Elektrotechniczny“, „Przegląd Kolejowy Mechaniczny“, „Przegląd Kolejowy Ruchowo-Handlowy“, „Radioamator“, „Technik Przemysłu Spożywczego“, „Transport“ i „Włókiennictwo“ — ze względu na niskie ceny obowiązuje tylko prenumerata normalna.

PRENUMERATA NORMALNA

Zgłoszenia na prenumeratę normalną na rok 1955 przyjmują urzędy pocztowe oraz listonosze miejscy i wiejscy. Ponadto można zamawiać prenumeratę normalną przez wpłacanie należności na odpowiednie konto przekazem PKO.

PRENUMERATA ULGOWA

A. CZASOPISMA NAUKOWO-TECHNICZNE

Z prenumeraty ulgowej czasopism naukowo-technicznych na rok 1955 korzystać mogą jedynie:

- 1) członkowie stowarzyszeń naukowo-technicznych zrzeszonych w NOT.
- 2) członkowie Klubów Techniki i Racjonalizacji,
- 3) studenci szkół wyższych.

B. CZASOPISMA POPULARNO-TECHNICZNE

Z prenumeraty ulgowej czasopism popularno-technicznych na rok 1955 korzystać mogą:

- 1) członkowie stowarzyszeń naukowo-technicznych,
- 2) członkowie Klubów Techniki i Racjonalizacji,
- 3) studenci szkół wyższych,
- 4) uczniowie szkół zawodowych.

Sposób zamawiania prenumeraty ulgowej

Zamówienia na prenumeratę ulgową powinny być sporządzane zbiorowo, imiennie, z podaniem dokładnego adresu oraz okresu prenumeraty, na każdy tytuł oddzielnie.

Zamówienia te, łącznie z należnością, przyjmować będą koła zakładowe, a od członków niezrzeszonych w kołach — oddziały stowarzyszeń naukowo-technicznych, przekazując je w odpowiednich terminach bezpośrednio do PPK „Ruch” w Warszawie, Stalinogrodzie lub Łodzi, w zależności od miejsca wychodzenia czasopisma.

Analogiczny tryb postępowania obowiązuje studentów i uczniów szkół zawodowych, z tym, iż na uczelniach prenumeratę przyjmować będą koła naukowe uczelni, a w szkołach zawodowych — dyrekcja szkoły.

Terminy składania zgłoszeń na prenumeratę ulgową

Nieprzekraczalny termin przekazania zamówień i należności do PPK „Ruch” na I kwartał 1955 r. przez koła zakładowe, oddziały stowarzyszeń naukowo-technicznych, koła naukowe uczelni i dyrekcje szkół — upływa 1 grudnia 1954 r. (obowiązuje data stempla pocztowego).

Zamówienia na następne kwartały 1955 r. należy zgłaszać w terminach:

II kwartał — do 1 marca 1955 r.

III kwartał — do 1 czerwca 1955 r.

IV kwartał — do 1 września 1955 r.

Należność za wszystkie rodzaje prenumerat wpłacać należy na następujące konta:

dla czasopism: poz. 1, 2, 4, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 33, 34, 35, 36, 38, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52

PPK „Ruch”, Warszawa, Centrum Ekspedycja, Srebrna 12, konto PKO Nr I-110/14000

dla czasopism: poz. 14, 24, 25, 32, 55

Oddział PPK „Ruch” w Łodzi, konto PKO Nr VII-579/110

dla czasopism: poz. 3, 5, 10, 13, 20, 23, 37, 39, 53, 54
Oddział PPK „Ruch”, Stalinogród, konto PKO Nr III-17763/110

UWAGA: Przy zamawianiu prenumeraty czasopism technicznych prosimy podawać dokładnie: nazwisko, adres, okres prenumeraty oraz tytuł czasopisma.

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWA TECHNICZNE

Nowości wydawnicze

- BIEGELEISEN-ZELAZOWSKI B.: **Metoda inż. Kowalowa jako wyższa forma współzawodnictwa.** S. 64, zł 3.—
- BRYŚ S.: **Spawanie i lutowanie przewodów aluminowych.** Wyd. 2. S. 128, zł 9.—
- BUCZYŁO E.: **Suszenie w przemyśle chemicznym.** Seria „Będę Fachowcem”. S. 44, zł 2.—
- CHMIELEWSKI H.: **Logarytmiczny suwak rachunkowy.** Wyd. 4. S. 48, zł 3.—
- CIESIELSKI W., PERLIŃSKI S.: **Technika pomiarów warsztatowych.** S. 352, zł 30.— (w oprawie).
- DOBRAZYŃSKI A., POCHWAŁSKI J.: **Technologia przetwórstwa tłoczyw termoutwardzalnych.** Część 1. S. 196, zł 13.— (w oprawie).
- DOBROWOLSKI J., ROTTENGRUBER J.: **Polewanie elektrolityczne.** Biblioteka Ochrony Pracy. S. 48, zł 5.—
- DOBZAŃSKI T.: **Rysunek techniczny.** Wyd. 5 uzup. S. 180, zł 12.—
- Elementy mechanizmów.** Praca zbiorowa pod red. S. N. Kożewnikowa. Tłum. z ros. T. Gnoiński. S. 544, zł 59.— (w oprawie)
- FILIPKOWSKI S.: **Szkolenie załóg.** Biblioteczka Wykładowcy BHP. S. 24, zł 1.—
- FLATTAU J.: **Oświetlenie.** Biblioteczka Wykładowcy BHP. S. 32, zł 2.—
- GARLICKI R.: **Organizacja i działalność służb bhp.** Biblioteczka Wykładowcy BHP. S. 53, zł 2.50
- GIERASIMOW S. G., DUDNIKOW E. G., CZISTIAKOW S. F.: **Automatyczna regulacja urządzeń kotłów parowych.** Tłum. z ros. E. Augustyniak i W. Nałęcz-Gembicki. S. 562, zł 34.— (w oprawie).
- KUCHARSKI J., KOZIOROWSKI B.: **Oczyszczanie ścieków przemysłowych. Metody i przykłady.** S. 320, zł 28.— (w oprawie)
- LISIAK S.: **Gwintowanie ręczne.** Seria „Będę fachowcem”. S. 44, zł 2.—
- LUTOSŁAWSKI J.: **Proces wypełnienia formy i krzepnięcia metalu.** S. 87, zł 6.—
- MICHALAK W.: **Regulacja napięcia w sieciach elektrycznych.** S. 199, zł 12.—
- MOSZYŃSKI W.: **Wykład elementów maszyn.** Część 4. — **Mechanizmy.** Wyd. 2. S. 318, zł 22.—
- MOSZYŃSKI W.: **Wytrzymałość zmęczeniowa części maszynowych.** Wyd. 2 niezmienione. S. 279, zł 25.— (w oprawie).
- MUSZYŃSKI Z.: **Części maszyn w świetle literatury patentowej.** S. 59, zł 4.—
- MYŚLICKI A.: **Zasady doboru przyrządów rozdzielczych.** S. 131, zł 10.—
- NIEŻEWIENKO G. S.: **Moje doświadczenia przy szybkościowej obróbce metali.** Tłum. z ros. Z. Żurkowski. S. 65, zł 3.—
- NOWACKI P. J., KORDECKI A., STANKIEWICZ Z.: **Atlas konstrukcji maszyn elektrycznych.** Tom. 1. — **Części maszyn elektrycznych.** Tabl. 38, zł 15.—
- PEŁCZYŃSKI T., SYPNIEWSKI R.: **Metaloznawstwo.** Wyd. 3. S. 208, zł 9.— Zatwierdzono do użytku szkolnego przez CUSZ
- Poradnik dla użytkowników i wytwórców narzędzi mierniczych.** Praca zbiorowa. Wyd. 2 uzup. Biblioteka Metrologiczna Głównego Urzędu Miar. S. 511. zł 33.— (w oprawie).
- SKOCZYŃSKI Z., NOWACKI P. J.: **Zwarcia w wysokonapięciowych układach energoelektrycznych.** S. 832, zł 57.— (w oprawie)
- STARCZAKOW W.: **Przekładniki.** S. 240, zł 19.— (w oprawie)
- SZALEK R.: **Świetłówki.** Działanie — montaż — eksploatacja. S. 59, zł 3.50
- SZUBERT W.: **Zagadnienia prawne ochrony pracy.** Biblioteka Wykładowcy BHP. S. 56, zł 3.—
- TROSKOŁAŃSKI A. T.: **Hydromechanika techniczna.** Tom 2. — **Hydraulika.** S. 460, zł 37.—
- WŁASOW W. F.: **Lampy elektronowe.** Tłum. z ros. J. Groszkowski. Wyd. 2. S. 580 zł 55.— (w oprawie)
- WORONOW W. T., ŁOWCKIJ N. N.: **Projektowanie urządzeń energoelektrycznych zakładów przemysłowych.** Tłum. z ros. S. Mossakowski. S. 304, zł 31.— (w oprawie)
- ZEMBRZUSKI J.: **Atlas uzwojeń trójfazowych silników asynchronicznych.** Wyd. 2. S. 134, zł 10.—

Do nabycia w księgarniach technicznych Domu Książki i u kolporterów zakładowych

