

PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY

ORGAN
MINISTERSTWA ENERGETYKI, MINISTERSTWA PRZEMYSŁU MASZYNOWEGO,
STOWARZYSZENIA ELEKTRYKÓW POLSKICH

ROK XXXI

ZESZYT 9

21.IX.1955

Pałac Kultury i Nauki im. J. Stalina w Warszawie



Gmach wielki i piękny nie tylko swym kształtem architektonicznym i materialnym, ale również swą treścią ideową. Gmach ten jest wspaniałym dziełem przyjaźni między narodami Związku Radzieckiego a narodem polskim, widomym symbolem wielkich przemian epoki, w której żyje nasze dzisiejsze pokolenie. Jest to symbol zwycięstwa i triumfu wielkich idei socjalizmu, idei wielkich przywódców ludzkości — Marksa, Engelsa, Lenina i Stalina.



B. BIERUT

WYDAWNICTWO NACZELNEJ ORGANIZACJI TECHNICZNEJ

SPIS RZECZY

Rozwój energetyki radzieckiej
Leszek B. Kierunki rozwojowe energetyki w planie 5-letnim
Moskalewski T. Kierunki rozwojowe przemysłu kablowego i akumulatorowego w planie 5-letnim
Pachniewicz T. Kierunki rozwojowe przemysłu teletechnicznego w zakresie urządzeń słaboprądowych w planie 5-letnim
Piróg W. Kierunki rozwojowe budownictwa przemysłowego w zakresie elektrotechniki w planie 5-letnim
Paszek W. Nowoczesny układ regulacji posuwu elektrod pieca łukowego
Kolendowski J. Sprzęgło jako element napędu elektrycznego
Żydanowicz J. Układy trójfazowe modeli do odtwarzania elementów układu elektroenergetycznego
Sprawozdanie z działalności SEP za II kwartał 1955 r.
Biuletyn Instytutu Elektrotechniki: Krajowe urządzenia telemetrii bliskosiężnej
Wydawnictwa nadesłane
Przegląd Dokumentacyjny Elektrotechniki

СОДЕРЖАНИЕ

Развитие советской энергетики.
Лешик Б. Направления в развитии энергетики по 5-летнему плану.
Москалевский Т. Направления в развитии кабельной и аккумуляторной промышленности по 5-летнему плану.
Пахневич Т. Направления в развитии телетехнической промышленности в области слаботочных устройств по 5-летнему плану.
Пируг В. Направления в развитии промышленного строительства в области электротехники по 5-летнему плану.
Пашек В. Новейшее устройство для, регулировки подвигания электродов в дуговой печи.
Колендовский Е. Муфта, как элемент электрического привода.
Жиданович Ю. Трехфазные схемы моделей для представления элементов электросистемы.
Отчёт о деятельности О.П.Э.
Бюллетень Электротехнического Института:
Телеметрические устройства близкого действия.
Поступившие публикации.
Библиографический обзор электротехники.

CONTENTS

The Development of Electric Power Engineering in the Soviet Union.
Leszek B. Trends in the Development of Power Engineering in the Five-Year Plan.
Moskalewski T. Trends in the Development of the Cable and Accumulator Industries in the Five-Year Plan.
Pachniewicz T. Trends in the Development of the Electrical Communication Industry, as regards Electrical Communication Installations, in the Five-Year Plan.
Piróg W. Trends in the Development of Industrial Building for Electrical Engineering in the Five-Year Plan.
Paszek W. An Up-to-date System of Electrode Adjustment of an Arc Furnace.
Kolendowski J. The Coupling as an Element of Electric Drive.
Żydanowicz J. Three-Phase Connections of Models for Reproducing Elements of an Electric Power System.
Report on the Activities of the APEE for the Second Quarter of 1955.
Bulletin of the Electrotechnical Institute:
Polish Installations for Telemetering at Close Range.
Publications Received.
Electrical Bibliographic Review.

Warunki prenumeraty PRZEGŁĄDU ELEKTROTECHNICZNEGO na 1955 r.

I. Prenumerata normalna

Prenumerata normalna wynosi: roczna 108 zł, półroczna 54 zł, kwartalna 27 zł.

Zgłoszenia na prenumeratę normalną przyjmują wyłącznie urzędy pocztowe oraz listonosze miejscy i wiejscy w tym rejonie do doręczeń, gdzie zamieszkuje prenumerator.

Termin zgłaszania prenumeraty normalnej na okres roczny, półroczny lub kwartalny upływa z dniem 10 każdego miesiąca, poprzedzającego okres prenumeraty.

II. Prenumerata ulgowa

Prenumerata ulgowa wynosi: roczna 55 zł, półroczna 27 zł, kwartalna 13,50 zł.

Z prenumeraty ulgowej mogą korzystać w 1955 r. jedynie członkowie stowarzyszeń naukowo-technicznych zrzeszonych w NOT oraz członkowie klubów techniki i racjonalizacji przy zamawianiu zbiorowym przez kółka zakładowe. Członkowie stowarzyszeń nie

zrzeszeni w kółkach zakładowych korzystają z prenumeraty ulgowej przy zamawianiu zbiorowym przez oddziały stowarzyszeń.

Prenumeratę można zgłaszać na okres kwartalny, półroczny i roczny.

Kółka zakładowe i oddziały stowarzyszeń przekazują zamówienia zbiorowe w podanych niżej terminach wraz z należnością pod adresem: „Ruch”, Centrala Kolportażu Prasy i Wydawnictw, Warszawa, ul. Srebrna 12, konto: PKO 1-6-100.020. *)

Terminy zgłaszania prenumeraty ulgowej w kółkach zakładowych i oddziałach stowarzyszeń:

na IV kwartał 1955 r. — do 31 sierpnia 1955 r.
„ I kwartał 1956 r. — do 30 listopada 1955 r.
„ II „ „ — do 28 lutego 1956 r.
„ III „ „ — do 31 maja 1956 r.

Terminy powyższe powinny być ściśle przestrzegane.

(*) Zwracamy uwagę na zmianę numeru konta „Ruchu”

PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY

ORGAN

MINISTERSTWA ENERGETYKI, MINISTERSTWA PRZEMYSŁU MASZYNOWEGO,
STOWARZYSZENIA ELEKTRYKÓW POLSKICH

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

Rok XXXI

Warszawa, 21 września 1955 r.

Zeszyt 9

Rozwój energetyki radzieckiej

1. Wstęp.

Przystępując w Miesiącu Przyjaźni Polsko-Radzieckiej do przeglądu osiągnięć radzieckich w dziedzinie energetyki, należy podkreślić, że najważniejszą podstawą materialną socjalizmu jest wszechstronnie rozwinięty ciężki przemysł. Ta podstawowa zasada ekonomiki socjalistycznej opiera się na takich tezach marksowskiej teorii reprodukcji, jak „teza o podziale produkcji społecznej na produkcję środków produkcji i produkcję środków spożycia” oraz „teza o przeważającym wzroście produkcji środków produkcji przy reprodukcji rozszerzonej”. O tych tezach pisze J. W. Stalin w „Ekonomicznych problemach socjalizmu w ZSRR” jako o szczególnie obowiązujących dla socjalistycznej formacji społecznej. W gospodarce radzieckiej zatem produkcja środków wytwarzania rozwija się szybciej, niż produkcja artykułów konsumpcyjnych. Energetyka należy do tej pierwszej grupy; w elektryfikacji W. I. Lenin dostrzegł jedną z głównych dróg, prowadzących do wielkoprzemysłowego rozwoju Kraju Rad. Taka polityka ekonomiczna jest realizowana przez Komunistyczną Partię Związku Radzieckiego i rząd radziecki w dalszej walce o rozwój potęgi ekonomicznej ZSRR i o dalszy postęp na drodze do komunizmu. W tegorocznym budżecie Związku Radzieckiego z sumy 189,6 mld. rubli, przeznaczanej na realizację przedsięwzięć gospodarczych, przeznaczona jest 163,6 mld. rubli na rozwój przemysłu ciężkiego (przemysły węglowy, naftowy, energetyka, wielka chemia, hutnictwo, ciężki przemysł maszynowy).

Ustawiczna walka o rozwój gospodarki radzieckiej znajduje dalszy wyraz w powziętej 11 lipca 1955 r. uchwale Plenum KC KPZR „o zadaniach w dziedzinie dalszego rozwoju przemysłu, postępu technicznego i usprawnienia organizacji produkcji”.

W uchwale tej stwierdza się, że piąty plan pięcioletni 1951—1955 został wykonany w zakresie globalnej produkcji przemysłowej już 1 maja 1955 r. O roli przemysłu ciężkiego uchwała mówi: „Poważne są sukcesy przemysłu ciężkiego będącego podstawą rozwoju całej gospodarki narodowej, nieustannego wzrostu dobrobytu mas pracujących i umocnienia potęgi obronnej kraju. Produkcja środków produkcji wzrosła do końca 1955 r. w porównaniu z rokiem 1950 co najmniej o 84% i będzie stanowiła przeszło 70% całej produkcji przemysłowej Związku Radzieckiego”.

Tempo rozwoju wszechstronnej rozbudowy przemysłu lekkiego i spożywczego jest nieco wolniejsze, albowiem poziom produkcji towarów powszechnego użytku przewyższy w roku 1955 poziom produkcji z roku 1950 o 72%.

Zagadnieniom rozwoju przemysłu i postępu technicznego w gospodarce Związku Radzieckiego — w szóstym pięcioletnim planie gospodarczym 1956—1960 — ma być głównie poświęcony XX Zjazd KPZR zapowiadany na luty 1956 roku.

2. Osiągnięcia eksploatacyjne energetyki radzieckiej w roku 1954.

Wymieniona wyżej uchwała lipcowego plenum KC KPZR stawia jako jedno z najważniejszych zadań w dziedzinie dalszego postępu technicznego w przemyśle następujące zadanie dla energetyki: „Opracować i zrealizować sposoby znacznego zredukowania ilości paliwa zużywanego na wytwarzanie energii cieplnej i elektrycznej, zmniejszenia zużycia energii elektrycznej na potrzeby własne elektrowni i strat energii elektrycznej w sieci, jak również sposoby zapewnienia sprawniejszej pracy elektrowni i sieci”.

Jak widzimy, kładzie się wielki nacisk w Związku Radzieckim nie tylko na sam wzrost produkcji energii, lecz co

najmniej w równej mierze na poprawę podstawowych wskaźników techniczno-ekonomicznych w pracy siłowni i sieci oraz na podwyższenie poziomu ich eksploatacji, na pracę możliwie bez zakłóceń. Za tymi zmianami idzie, rzecz prosta, obniżka kosztu własnego wyprodukowanej energii.

Jak w świetle powyższych wymagań wyglądają wyniki eksploatacyjne osiągnięte przez elektrownie podległe radzieckiemu Ministerstwu Elektrowni w 1954 r.?

Roczny plan produkcji energii został wykonany przedterminowo w dniu 28 grudnia 1954 roku. Roczna produkcja energii elektrycznej wyniosła w tym roku ponad 149 mld. kWh wobec 133 mld. w roku 1953 (spodziewana produkcja w r. 1955 wyniesie 166 mld kWh). Roczny przyrost produkcji energii elektrycznej w roku 1954 wyniósł — w porównaniu z rokiem 1953 — 11,8%, a przyrost w okresie 4 lat 1950—1954 osiągnął 65%. Są to wskaźniki rozwojowe bardzo wysokie, charakterystyczne dla kraju, który w szybkim tempie rozwija swój ciężki przemysł, przewyższający pod względem spożycia energii wszystkie inne grupy odbiorców.

Ciekawe jest zestawienie wskaźników rozwoju kilku podstawowych działów gospodarki narodowej w ZSRR w okresie piętnastolecia 1940—1954 r.) Wskaźniki te wynoszą:

dla całej produkcji przemysłowej	2,8,
dla produkcji ciężkiego przemysłu	3,4,
dla produkcji energii elektrycznej	3,0,
dla produkcji energii cieplnej	3,7,
dla energii elektrycznej oddanej na potrzeby komunalne i bytowe ludności powyżej	3,0.

Porównanie tych wskaźników doprowadza do następujących wniosków:

a) zgodnie z leninowską zasadą ekonomiki socjalistycznej rozwój ciężkiego przemysłu jest szybszy niż innych przemysłów;

b) rozwój produkcji energii elektrycznej i cieplnej wyprzedza nieco rozwój całej produkcji przemysłowej;

c) w trosce o potrzeby najszerszych warstw ludności świadczenia gospodarki energetycznej na rzecz ludności rozwijają się w tempie nie mniejszym niż cała produkcja energii elektrycznej.

Ciepłownictwo w Związku Radzieckim ma za sobą 30-letnią historię. W porównaniu z rokiem 1940, w którym ciepłownictwo po 15 latach istnienia osiągnęło już dość poważny poziom, wzrost ilości energii cieplnej oddanej na potrzeby przemysłowe, komunalne i bytowe wyraża się w roku 1954 liczbą 3,7. Według stanu w roku 1954, 30% mocy zainstalowanej w turboszpęłach reprezentowało turbiny ciepłownicze. Z doświadczenia Związku Radzieckiego wypływa ciekawy również i dla nas wniosek, że na ogół dużo więcej trudności w realizacji inwestycji ciepłowniczych powodują sieci ciepłownicze niż same elektrociepłownie. Nienadążanie budowy sieci za instalowaniem i oddawaniem do ruchu nowych mocy w turbinach ciepłowniczych może być powodem tego, że duże możliwości lepszego wyzyskania paliwa nie będą w pełni zrealizowane.

Takie czynniki, jak:

a) oddawanie do ruchu dalszych zespołów na wysokie parametry (w roku 1954 stanowiły one 90% nowej mocy w siłowniach),

b) automatyzacja procesu spalania w kotłach,

c) modernizacja istniejących kotłów przez rekonstrukcję palenisk i dalszych powierzchni ogrzewalnych, przyczyniają się do poprawy jednego z najważniejszych wskaźników —

*) Elektr. Stancji, 1955, z. 1.



jednostkowego zużycia umownego paliwa w gramach na wyprodukowaną kilowatogodzinę. Samo przejście na znormalizowane wysokie parametry 100 at, 510°C — zamiast poprzednio masowo stosowanych średnich parametrów 32 at, 420°C — pozwoliło zmniejszyć jednostkowe zużycie paliwa o 12—14%. W grudniu 1954 r. zużycie to było rekordowo niskie i wyniosło na skali całego państwa radzieckiego średnio 480 g/kWh¹⁾, a ponadplanowa oszczędność umownego paliwa w elektrowniach podległych Ministerstwu Elektrowni wyniosła ponad 500 tys. ton w roku 1954.

Liczba zakłóceń w pracy elektrowni i sieci radzieckich zmniejszyła się w roku 1954 w porównaniu z rokiem 1953 o 15%. Zważywszy, że w roku ubiegłym weszło do ruchu w energetyce radzieckiej dużo nowych urządzeń (plan oddania do użytku nowych mocy w elektrowniach został przekroczony) i że eksploatacja nowych urządzeń jest na ogół więcej narażona na zakłócenia w pracy, należy uznać podany wyżej stopień poprawy eksploatacji za stosunkowo wysoki. Wiele dużych elektrowni radzieckich, ciepłych i wodnych, oraz elektrociepłowni pracowało w roku ubiegłym bez zakłóceń w pracy.

Obok wyżej wymienionych osiągnięć, mających zasadniczy wpływ na obniżkę kosztu własnego produkcji energii, należy jeszcze wymienić następujące: wzrost wydajności pracy, zmniejszenie zatrudnienia, przypadającego na jednostkę mocy zainstalowanej. W roku 1954 wzrost wydajności jednego pracownika w energetyce radzieckiej wyniósł 6,3% w porównaniu z rokiem 1953. Dzięki wzrostowi wielkości podstawowych jednostek (kotłów i turbin) oraz stopniowemu wprowadzaniu automatyzacji procesów wytwórczych i mechanizacji pracy liczba pracowników na 1 MW zainstalowany zmniejszyła się w okresie 1951—54 w siłowniach ciepłych o 20%, w siłowniach wodnych o 25%.

3. Postęp techniczny w energetyce radzieckiej.

Lipcowe plenum KC KPZR, poświęcone w całości zagadnieniom przemysłowym, a przede wszystkim zagadnieniom postępu technicznego w przemyśle, w następujący sposób wyznacza podstawowe zadania dla energetyki oraz dla przemysłowych, które są dostawcami maszyn, aparatów i urządzeń energetycznych, a także głównych surowców znajdujących zastosowanie w elektroenergetyce:

a) „Najważniejszym zadaniem organizacji partyjnych radzieckich i gospodarczych w dziedzinie przemysłu jest — na równi z zapewnieniem wykonania planu gospodarki narodowej — jak największe podniesienie poziomu technicznego produkcji. Podstawowym warunkiem rozwiązania tego zadania powinno być zdecydowane zwiększenie tempa zastosowania udoskonalonych technicznych we wszystkich gałęziach przemysłu na podstawie elektryfikacji, pełnej mechanizacji i automatyzacji procesów produkcyjnych, ... stosowania energii atomowej w celach pokojowych”.

b) „Uznać za konieczne rozwinięcie na szeroką skalę prac naukowo-badawczych i projektowo-konstrukcyjnych nad stworzeniem wysokowydajnych ... potężnych turbin parowych i turbopomp, turbin wodnych i prądnic do nich, kotłów o dużej wydajności pary, instalacji gazowo-turbinowych...”.

c) „Wprowadzić produkcję nowych stopów magnetycznych i metali trudnotopliwych (wolfram, tantal, molibden i in.), aby zapewnić dalszy rozwój elektroniki i przemysłu elektropróżniowego. Uznać za konieczne znaczne zwiększenie produkcji aluminium”.

d) „Budować elektrownie i sieci zwracając uwagę, aby wzrost mocy energetycznych wyprzedzał rozwój całej gospodarki narodowej”.

Trzeba stwierdzić, że jeśli chodzi o rozwój podstaw energetycznych dla całości gospodarki narodowej, to na ogromnych terenach Związku Radzieckiego w coraz szerszym zakresie — w sposób nieprzerwany od wielu lat — realizuje się setki wielkich budów energetycznych. Tylko w okresie 4 lat piątego pięcioletniego planu gospodarczego (1951—54) wybudowano, względnie rozbudowano około 500 średnich i wielkich elektrowni — ciepłych i wodnych, nie licząc zakładów małych. W roku 1955 znajduje się w budowie i rozbudowie ponad 700 elektrowni (w tym kilkadziesiąt wielkich elektrowni wodnych). Zakończenie tych masowo realizowanych inwestycji

podwyższy aktualną moc zainstalowaną w elektrowniach o 75%.

Niezadługo dowiemy się o zakończeniu budowy i uruchomieniu dwu pierwszych odcinków linii 400-kilowoltowych i stanowiących zaczątek przyszłego ogólnokrajowego układu energetycznego dla całej rozległej europejskiej części Związku Radzieckiego. Opanowanie zagadnień przesyłu ogromnych ilości energii elektrycznej na odległości rzędu 1000 km oraz budowa wielkich zakładów wodno-elektrycznych na bardzo rozległych terenach azjatyckich skłoniły energetyków radzieckich do podjęcia prac nad przesyłem taniej energii wodno-elektrycznej do istniejących okręgów przemysłowych na odległości 1500—2000 km. Produkcja aparatury bardzo wysokiego napięcia (400 kV znamion.), niezbędnej do realizacji tak ogromnych inwestycji sieciowych, została już przez przemysł radziecki opanowana w związku z dostawami dla obu wymienionych wyżej linii, budowanych obecnie.

W budownictwie elektrowni ciepłych postęp techniczny wyraża się — z przyczyn przede wszystkim gospodarczych — w budowie siłowni o coraz większej mocy i z coraz większymi turbozespołami. Korzyści takiego stanu rzeczy ilustruje następujący szereg liczb z praktyki radzieckiej (dla takich samych zainstalowanych zespołów kotłowych i turbinowych), w którym koszt 1 zainstalowanego kilowata w elektrowni kondensacyjnej o mocy 100 MW przyjęto za 100%²⁾

moc siłowni	100 MW	— 100%
"	200 MW	— 80%
"	300 MW	— 74%
"	400 MW	— 70%

Z drugiej strony zastosowanie jednostek o wyższej mocy — przy tej samej zainstalowanej mocy siłowni — zapewnia dalsze korzyści w formie zmniejszonych ogólnych nakładów inwestycyjnych. Wyposażenie elektrowni kondensacyjnych o mocy zainstalowanej 200 MW z 4 turbinami typu WK-50 jest w warunkach gospodarczych radzieckich o 25% droższe, niż dla wariantu z 2 turbinami typu WK-100.

W Związku Radzieckim buduje się obecnie elektrownie parowe o mocy zainstalowanej rzędu 500—600 MW³⁾. Istnieją prototypy kotła o wydajności pary 440 t/h z paleniskami cyklonowymi. Pracują instalacje o parametrach 170 at, 550°C z turbozespołami po 150 MW z chłodzeniem wodorowym⁴⁾. Ze względu na masowość inwestycji w wielkich siłowniach ciepłych i związane z tym wielkie zapotrzebowanie stali wysokostopowych — w masowym budownictwie elektrowni stosuje się na obecnym etapie parametry kotłów 130 at, 535°C. Ciśnienie to zostało wprowadzone po raz pierwszy (jeszcze w latach 1931—1933) w obecnej elektrociepłowni nr 19 energetycznego układu moskiewskiego.

75% produkowanej energii otrzymuje się z niskogatunkowych paliw miejscowych (pochodzących często z kopalni odkrywkowych) o wartości opałowej spadającej nieraz bardzo znacznie poniżej 5000 kcal/kg i o zawartości popiołu do 40—50%.

Dużo wysiłków wkłada się w konstrukcyjne opracowanie i w podwyższenie poziomu eksploatacji wielkich kotłów, aby podnieść ich pewność ruchową i możliwie skrócić czas kapitalnych remontów w takim stopniu, żeby mogły one dorównać wielkim turbozespołom. W Związku Radzieckim kapitalne remonty wielkich turbin pochłaniają 3 tygodnie na 2 lata. Taka poprawa na odcinku kotłowym umożliwi stosowanie w zasadniczych schematach siłowni czystych układów blokowych bez kotła rezerwowego, w zespołach „kocioł-turbina”.

W roku ubiegłym automatyzacja procesów kotłowych przyczyniła dalsze postępy. Osiągnięcia na tym odcinku wyrażają się w następujących liczbach w odniesieniu do produkcji pary: z automatyczną regulacją zasilania pracowało 90% kotłów, z automatyczną regulacją spalania — 73% i automatyczną regulacją temperatury pary przegrzanej — 15%.

1) Linia Kujbyszew-Moskwa (925 km) przewidziana do uruchomienia w roku 1955 i linia Stalingrad-Moskwa (1000 km) w r. 1956.

2) Guriewicz S. E., Lichtiensztiejn E. G., Stoimonsnyje pokazateli stroitelstwa tiepłowych elektrostancij (Elektro. Stancji, 1954, z. 9).

3) Oddane w bieżącym planie 5-letnim do eksploatacji wielkie elektrownie ciepłe — Mironowska i Południowo-Kuzbaska — mają moc po 400 MW.

4) Rząd radziecki powziął uchwałę o opracowaniu produkcji nowych typów turbin o mocy 200 MW i o zaprojektowaniu turbin parowej na 300 MW. Podjęto również kroki w kierunku rozwinięcia na szeroką skalę prac, zmierzających do wprowadzenia turbin gazowych w gospodarce radzieckiej.

1) Dla porównania podajemy odpowiednie wartości jednostkowego zużycia paliwa umownego w elektrowniach polskich podległych Ministerstwu Energetyki: zużycie w r. 1953 — 667 g/kWh, zużycie w 1954 r. — 629 g/kWh, zużycie w I kwartale 1955 r. — 583 g/kWh, zużycie w r. 1955 według przewidywanego wykonania planu — 585 g/kWh.

Wielki rozwój ciepłownictwa na potrzeby bytowo-komunalne i przemysłowe powoduje, że dotychczas budowane elektrociepłownie o mocy rzędu 100—150 MW w niektórych przypadkach nie wystarczają. Sieci ciepłe, zasilane gorącą wodą z ciepłowni miejskich, mają zasięg do 12—15 km, przy temperaturze wody sieciowej 150°—70°C. Dla lepszego wyzyskania wody sieciowej prowadzi się prace nad przystosowaniem sieci do pracy przy niższej temperaturze wody powrotnej, na poziomie 55°—60°C¹⁾.

Wzrost mocy zainstalowanej w elektrociepłowniach doprowadzi w najbliższej przyszłości do stosowania turbin ciepłowniczego typu WPT-50 i kotłów o wydajności 440 ton/godz. Korzyści techniczno-ekonomiczne z zastosowania większych turbin wyrażają się przede wszystkim w wyższej sprawności cieplnej turbiny WPT-50 o 3—5% w porównaniu z turbiną WPT-25. Ponadto zużycie metali i koszt jednej turbiny większej są blisko o 30% niższe, niż dla 2 turbin mniejszych.

Względy sanitarno-hygieniczne w miastach zmuszają niekiedy do umieszczenia elektrociepłowni za miastem, co zwiększa zasięg zasilania do 12—20 km. Oddalenie elektrociepłowni od miejsc odbioru zwiększa, oczywiście, koszty przesyłu energii cieplnej; aby wpływ tego wzrostu kosztów w miarę możliwości osłabić, trzeba oprócz pokrycia głównej części zapotrzebowania energii cieplnej na poborze jej z wielkiej elektrociepłowni zamiejskiej. Przy mocy siłowni 150—300 MW, przy poborze ciepła 500—1000 Gcal/h i odległości zasilania 20 km, jednostkowe koszty przesyłu energii cieplnej są w warunkach radzieckich już tylko dwukrotnie większe w porównaniu z mniejszą elektrociepłownią miejską okręgową o zasięgu zasilania 5—8 km. Jednak powstawanie tak wielkich elektrociepłowni może być związane jedynie z niektórymi wielkimi miastami i nie oznacza bynajmniej jakiegoś nowego kierunku w rozwoju ciepłownictwa.

Równolegle z rozwojem produkcji technicznego wyposażenia siłowni ciepłych prowadzone są prace nad wprowadzaniem coraz wydajniejszych metod organizacji robót budowlano-montażowych²⁾. Tzw. „metoda bezprzerwowego potoku”, stosowana od wykopów, umożliwiła w jednej z wielkich elektrowni energetycznego układu moskiewskiego oddanie do ruchu pełnej mocy zainstalowanej w 10 kotłach i 8 turbozespołach już po 2,5 latach budowy, a w innym przypadku, przy 6 turbozespołach — po 2 latach. Inna metoda „przemysłowego montażu blokowego” kotłów w zakładzie wytwórczym pozwoliła skrócić czas montażu kotła na miejscu budowy elektrociepłowni z 75 dni roboczych do 24 przy ogólnie 2,5-krotnym zmniejszeniu nakładu pracy na montaż.

Osobny obszerny rozdział w rozwoju energetyki radzieckiej stanowi rozwój budownictwa elektrowni wodnych. Wobec znanych ogólnie trudności z węglem i związanej z tym obawy deficytu węgla, odczuwanej na całym świecie forsowane jest budownictwo wodne, szczególnie w Związku Radzieckim, który rozporządza bogatymi запасami energii wodnej. Moc rzek Związku Radzieckiego wynosi 345 mln. kW, przy czym 4/5 zasobów „węgla białego” są skoncentrowane w azjatyckiej części ZSRR. Punkt ciężkości przyszłej produkcji energii elektrycznej w zakładach wodnych leży więc za Uralem, a zagadnienie przesyłu energii na odległości większe od 1000 kilometrów jest dla rozwoju energetyki radzieckiej szczególnie ważne.

Roczne przyrosty mocy zainstalowanej w elektrowniach wodnych w okresie 4 lat 1951—54 bieżącego planu pięcioletniego stanowi 275% rocznego przyrostu w okresie 1938—40³⁾. Również w stosunku 275% wzrosły roczne nakłady inwestycyjne na budownictwo elektrowni wodnych w roku 1954 w porównaniu z rokiem 1950. Realizacja tak wielkich programów w bieżącym i w poprzednich planach pięcioletnich dała wielki zasób doświadczenia i przyczyniła się do wielkiego postępu technicznego na budowie zakładów wodnych. Rozwinięta się np. w Związku Radzieckim budowa ziemnych zapór metodą „napłukiwania”. Wykonana w ten sposób zapora wodnej elektrowni Mingeczaurskiej (na Kaukazie), uruchomionej w roku 1953, w objętości 14 mln. m³ jest największą tego rodzaju budowlą ziemną na świecie.

Program budowy elektrowni wodnych w roku 1955 obejmuje m. inn. ułożenie 6 mln. m³ betonu i żelbetu, wykonanie

153 mln. m³ robót ziemnych oraz zmontowanie 215 tys. ton konstrukcji metalowych i mechanizmów. Tak kolosalne programy budownictwa hydroenergetycznego możliwe są do zrealizowania dzięki daleko posuniętej mechanizacji budowy, której stopień wyraża się na poziomie początku bieżącego roku następującymi liczbami (średnimi): roboty ziemne — 95,4%, transport i układanie betonu — 94⁴⁾%, wydobywanie i obróbka kamienia — 90,2%. Mechanizacja montażu konstrukcji metalowych i mechanizmów na budowach elektrowni wodnych Kujbyszewskiej i stalingradzkiej dochodzi do 99%. Postęp techniczny, osiągnięty w dziedzinie mechanizacji budowy, oraz usprawnienie samej organizacji budowy czynią realnym skrócenie dotychczas przyjmowanego 5-letniego terminu budowy wielkiej elektrowni wodnej do 3,5—4 lat.

W roku bieżącym udział elektrowni wodnych w produkcji energii elektrycznej utrzymuje się na poziomie 20%. Wraz z oddaniem do ruchu mocy, zainstalowanych w elektrowniach znajdujących się obecnie w budowie, udział ten wzrośnie do 30%. Produkowane przez przemysł radziecki turbozespoły wodne dla Kujbyszewskiej Elektrowni Wodnej mają moc znamionową 105 MW. Leningradzkie Zakłady Przemysłowe „Elektrosila” przystąpiły do opracowania turbozespołów o mocy 200—250 MW.

W eksploatacji elektrowni wodnych zwrócono ostatnio uwagę na ceną możliwość zwiększenia wyzyskania rozporządzalnych zasobów wodnych o 2—3% przez utrzymywanie możliwie najwyższych poziomów wody w zbiornikach. Przy najszerzym korzystaniu z tej możliwości można by uzyskać około 1 mld. kWh rocznie.

Specjalną uwagę poświęca się od szeregu lat w Związku Radzieckim zagadnieniom automatyki i telemekhaniki w elektrowniach wodnych. Na tym odcinku energetyka radziecka rozporządza bogatym doświadczeniem. Już obecnie moc elektrowni, w których zastosowano zdolne sterowanie zakładami, stanowi przeszło połowę mocy wszystkich elektrowni wodnych.

W szeregu wielkich zakładów zrealizowano już automatyzację pełną, polegającą m. inn. na zastosowaniu samoczynnej regulacji grupy turbozespołów w zależności od częstotliwości, od przepływu wody, od zadanego wykresu obciążenia elektrowni względnie od mocy przesyłanej poszczególnymi liniami. Automatyzacja obejmuje również uruchamianie zespołów rezerwowych względnie przechodzenie na produkcję energii czynnej przez generatory pracujące w układzie kompensatorów synchronicznych, w przypadku zaburzenia w pracy, związanego z obniżeniem częstotliwości w układzie energetycznym.

W elektrowniach wodnych rozpowszechnia się coraz więcej zastosowanie samosynchronizacji generatorów. Ostatnio sprawdzono doświadczalnie celowość stosowania urządzeń do samoczynnego ponownego załączania (SPZ) generatorów wodnych wyłączanych samoczynnie pod obciążeniem. Sprawdzono również doświadczalnie dopuszczalność utrzymania generatorów w ruchu asynchronicznym (w przypadku zaniku wzbudzenia) i możliwość doprowadzenia ich do synchronizmu¹⁾.

Automatyzacja turbozespołów wodnych i zdalne sterowanie elektrowniami wodnymi pozwalają zmniejszyć liczebność dyżurnego personelu więcej niż dwukrotnie — przy jednoczesnym znacznym zmniejszeniu rocznej liczby zakłóceń ruchowych. W okresie lat 1950—53 zaburzenia w pracy elektrowni wodnych podległych Ministerstwu Elektrowni ogólnie zmniejszyły się trzykrotnie, a są zakłady, w których to zmniejszenie było nawet siedmiokrotne. Dążność do zmniejszania personelu kierowniczo-administracyjnego w elektrowniach wodnych doprowadziła do łączenia kilku zakładów w zespoły z następującymi wspólnymi organami: kierownictwo, administracja, służba remontowa. Wyżej wymienione czynniki, tj. automatyzacja, zdalne sterowanie, techniczno-administracyjne łączenie elektrowni w zespoły, prowadzą do znacznych oszczędności i do obniżenia kosztu własnego energii elektrycznej. Same oszczędności na funduszu plac bezpośrednich pokrywają wydatki poniesione na wprowadzenie automatyki i zdalnego sterowania w okresie orientacyjnie 2 lat.

Znamienne jest, że w obradach lipcowego Plenum KC KPZR zagadnienia produkcji i postępu technicznego w dziedzinie maszyn i urządzeń dla energetyki radzieckiej zajmują jedno z pierwszych miejsc w zakresie potrzeb, które ma zaspokoić radziecki ciężki przemysł maszynowy w następnych planach gospodarczych.

¹⁾ Cz u p r a k o w N. M. Za podwyższenie urownia eksploatacji gidroelektrostanicy (Gidrotechn. Stroitelstwo, 1955, 1).

²⁾ Windman R. H., Nikolaiew A. A. Woprosy tieplofikacji gorodow i promyslenosti (Elektr. Stancji, 1955, z. 5).

³⁾ Za dalszejsze naraszczanie tiempow i snizenie stoimosti stroitelstwa (Elektr. Stancji, 1954, z. 10).

⁴⁾ Ł o g i n o w F. G. Zadaczy gidroenergostroitelstwa w 1955 g. (Gidrotechn. Stroitelstwo, 1955, 1).

4. Prace Związku Radzieckiego nad wyzyskaniem energii atomowej do celów energetycznych¹⁾.

Zagadnienie wyzyskania energii atomowej jest czymś tak nowym i tak specjalnym, tak rewolucyjnym w rozwoju techniki, że wykracza bardzo znacznie poza ramy postępu technicznego w rozumieniu dotychczas rozpowszechnionym.

Jak wiadomo, pierwszą na świecie elektrownię atomową w skali przemysłowej — o mocy 5000 kW — opartą na rozszczepianiu jądra atomu uranu U235, uruchomiono w Związku Radzieckim w okręgu podmoskiewskim w dniu 27 czerwca 1954 roku. Rząd radziecki po półrocznej eksploatacji tego zakładu zgłosił gotowość złożenia sprawozdania o pracy pierwszej przemysłowej elektrowni atomowej w ZSRR na Międzynarodowej Konferencji do spraw wyzyskania energii atomowej w celach pokojowych zwołanej w r. 1955 w myśl uchwały IX sesji Zgromadzenia Ogólnego Narodów Zjednoczonych. Konferencję delegatów 79 krajów, które wyraziły zgodę na wzięcie w niej udziału, zapowiedziano na 8—20 sierpnia w Genewie. Już więc w najbliższych tygodniach będą ogłoszone konkretne materiały techniczne poparte praktycznymi doświadczeniami z rocznej eksploatacji tego, na razie jedyne, czynnego zakładu, będącego świadectwem niezwykłego sukcesu nauki i techniki radzieckiej.

Prace w Związku Radzieckim nad budową następnych 2 siłowni atomowych o mocy rzędu 50 i 100 MW, a więc już tego samego rzędu, co dotychczas budowane siłownie ciepłe oparte na użyciu paliwa, są w toku. Na uruchomienie tych zakładów i zebranie pierwszego doświadczenia eksploatacyjnego wypadnie nam poczekać prawdopodobnie jeszcze parę lat, gdyż trudno wyobrazić sobie, aby cykl inwestycyjny dla takiego zakładu, opartego na zupełnie nowych, nie znanych przedtem, zasadach, już obecnie mógł być krótszy niż dla przeciętnej siłowni ciepłej typu dotychczas rozpowszechnionego. Nie mniej Związek Radziecki, przywiązując wielką wagę do wyzyskania energii atomowej do celów pokojowych oraz dążąc do popierania rozwoju współpracy międzynarodowej w tej dziedzinie, rozwinął już w roku bieżącym bardzo ożywioną działalność, z jednej strony dla udostępnienia innym krajom już zdobytego doświadczenia w zakresie znacznie szerszym, niż to można uczynić w ramach międzynarodowej konferencji wielu krajów, z drugiej strony przez umożliwienie kilku krajom bardziej samodzielnego prowadzenia badań nad wyzyskaniem energii atomowej we własnych zakładach naukowo-badawczych, przy pomocy własnego personelu naukowo-technicznego (po zaznajomieniu się z pracami prowadzonymi w ZSRR).

Na początku bieżącego roku rząd radziecki skierował do rządów Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej, Chińskiej Rzeczypospolitej Ludowej, Republiki Czechosłowackiej, Rumuńskiej Republiki Ludowej i Niemieckiej Republiki Demokratycznej, a także do Republiki Ludowych Węgierskiej i Bułgarskiej, propozycje w sprawie udzielenia tym państwom wszechstronnej pomocy w zbudowaniu — łącznie z zaprojektowaniem i dostarczeniem urządzeń — doświadczalnych stosów atomowych o mocy ciepłej 5000 kW każdy oraz akceleratorów cząstek elementarnych, a następnie w przydzieleniu tym krajom niezbędnej ilości materiałów rozszczepialnych dla stosów atomowych i do prowadzenia prac naukowo-badawczych. Odpowiednie porozumienia międzynarodowe z wymienionymi krajami zostały zawarte w kwietniu b.r. Przewidują one wykonanie wszelkich objętych porozumieniami dostaw i usług ze strony ZSRR w latach 1955—56. W tych warunkach, dzięki przyjacielskiej pomocy Związku Radzieckiego, powstają w Polsce dwa ośrodki badań atomowych, w zakładach Instytutu Fizyki Polskiej Akademii Nauk, w Warszawie i w Krakowie.

Jak widzimy, prace Związku Radzieckiego nad wyzyskaniem energii atomowej do celów energetycznych dopiero niedawno zaczęły być realizowane na skalę przemysłową i potrzeba jeszcze kilku lat na takie techniczne opanowanie energetyki atomowej, aby elektrownie atomowe mogły wejść do normalnej działalności inwestycyjnej objętej narodowym planem gospodarczym. Niemniej jednak na podstawie już sprawdzonych doświadczeń radzieckich nie ulega wątpliwości, że głównym sposobem wyzyskania energii jądrowej (obok innych dziedzin nauki i techniki, jak radiochemia i biochemia) jest wytwarzanie energii elektrycznej w elektrowniach atomowych. Zasilanie sieci elektrycznej z elektrowni atomowej jest już wypróbowane od roku, więc możliwości techniczne zastoso-

wania energii atomowej do wytwarzania energii elektrycznej zostały udowodnione w sposób bezsporny. Dalsze prace radzieckie idą niewątpliwie także w tym kierunku, aby tę produkcję energii uczynić gospodarczo korzystniejszą. W każdym razie postęp techniczny w dziedzinie energetyki atomowej może być tak szybki, że już za lat — powiedzmy — kilkanaście pozycja energii produkowanej w siłowniach atomowych może być w ogólnosiłowym bilansie energetycznym wcale pokaźna.

Poza dotychczasowymi osiągnięciami natury naukowo-technicznej jest ogromną zasługą Związku Radzieckiego udowodnienie światu w krótkim czasie realności wyzyskania energii atomowej do celów jak najbardziej pokojowych, zwrócenie niejako uwagi wielu milionów ludzi na całym świecie w stronę spraw nie mających wspólnego z wojną, wreszcie umożliwienie podjęcia pokojowych prac nad wyzyskaniem energii atomowej w krajach liczących ogólnie wraz ze Związkiem Radzieckim około miliarda ludzi.

5. Postępy w elektryfikacji rolnictwa w Związku Radzieckim.

Na odbytym w styczniu b.r. Plenum KC KPZR rolnictwu radzieckiemu postawiono na najbliższych 5 — 6 lat poważne zadanie zwiększenia rocznej produkcji zbóż co najmniej do 10 miliardów pudów i podwojenia produkcji hodowlanej. W tych warunkach energetyka radziecka rzuciła hasło wszechstronnej elektryfikacji rolnictwa i hodowli, uważając to za jeden z podstawowych warunków wykonania wymienionego zadania.

Otwarta na jesieni roku ubiegłego w Moskwie stała Wszechzwiązkowa Wystawa Rolnicza pozwala na zapoznanie się z osiągnięciami energetyki radzieckiej do roku 1954 w dziedzinie wytwarzania i rozdzielania energii elektrycznej na wsi i w dziedzinie jej zastosowania w procesach produkcyjnych gospodarstwa rolnego¹⁾.

Dużym osiągnięciem techniki radzieckiej jest elektrotraktor gąsienicowy typu XT3—12. Jest on zasilany z przewodzonej stacji transformatorowej o przekładni transformatora 10/1,2 kV (lub 6/1,2 kV) za pośrednictwem stosunkowo cienkiego kabla Cu 4×10 mm². Wyposażony on jest w asynchroniczny silnik zwarty o mocy 44 kW przy 1430 obr./min. Na wale silnika znajduje się również mała prądniczka prądu stałego na 13,5 V, 500 W do potrzeb własnych traktora. Traktory tego typu mają już w niektórych przypadkach za sobą po 4 lata pracy i po 25 tys. hektarów obrobionego pola. Traktor taki pozwala zaoszczędzić dziennie — w porównaniu z napędem za pomocą silnika na paliwo płynne — średnio 80 kG paliwa oraz 1,5 dniówki pracownika i 3 dniówki konia zużywane na dowożenie paliwa i wody. Stacje elektrotraktowe tworzone są na terenach zasilanych taną energią elektryczną z wybudowanych w latach ostatnich nowych wielkich elektrowni wodnych.

Na podstawie prac Wszechzwiązkowego Instytutu Elektryfikacji Rolnictwa ustalono następujące wskaźniki wyników zastosowania energii elektrycznej w rolnictwie: 1000 kWh zastępuje 670 kG nafty do oświetlenia, 300 dniówek pracy ludzkiej, 100 dniówek zaprzęgu koniaskiego.

Jak poważnym odbiorcą energii elektrycznej może być całkowicie elektryfikowane gospodarstwo rolne, świadczą następujące liczby zużycia rocznego energii, osiągnięte w jednym z sieciowych okręgów rolniczych radzieckich — w gospodarstwach uspołecznionych:

Rok	na 1 hektar obrabianego pola	na 1 zagrodę	na 1 sztukę bydła rogatego
1950	62 kWh	570 kWh	330 kWh
1951	72 „	700 „	370 „
1953	90 „	850 „	442 „

Metoda skojarzonego wytwarzania energii elektrycznej i ciepłej w kołchozowych siłowniach ciepłych zaczyna zyskiwać coraz szersze rozpowszechnienie. Sprawdzono praktycznie, że wyzyskanie do celów grzewczych (produkcyjnych i bytowych) pary odłotowej z lokomobili o mocy 75 k.m. pozwala zaoszczędzić rocznie około 900 t paliwa. Takie lokomobile elektrociepłownie wiejskie są już obecnie produkowane.

¹⁾ Por. Ney W. Projekty wyzyskania energii atomowej do produkcji energii elektrycznej (Przegl. El., 1955, z. 4, str. 282—294).

¹⁾ Złatkowski A. P., Wołkow A. S. Elektryfikacja na Wsiesiojuznoj sielsko-choziajstwiennoj wystawie (Elektrizestwo 1954, 9).

Najlepszą formą wyzyskania wiejskiej elektrowni wiatrowej jest jej współpraca z elektrociepłownią wiejską lub z elektrownią wodną. Praca równoległa elektrowni wiatrowej o średniej szybkości wiatru 5 m/s z elektrociepłownią o tej samej mocy pozwala zaoszczędzić rocznie 30 — 45% paliwa. Podobnie praca równoległa z elektrownią wodną o tej samej mocy i o dwutygodniowej pojemności zbiornika pozwala podwyższyć produkcję energii elektrycznej o 25 — 30%.

6. Pomoc radziecka dla Polski w dziedzinie energetyki.

Ogromny rozwój, ogromne osiągnięcia energetyki i w ogóle nauki i techniki radzieckiej mają dla naszej energetyki i dla całości naszej gospodarki narodowej jak najbardziej zasadnicze znaczenie. Dzięki przyjaznej współpracy obu naszych państw w dziedzinach naukowo-technicznych i gospodarczych i jak najbardziej życzliwemu stanowisku strony radzieckiej, z roku na rok coraz szerzej i coraz głębiej rozwija się nasza bezpośrednia łączność z nauką i techniką radziecką. Każdy rok przynosi nowe formy współpracy, świadczeń i dostaw ze strony Związku Radzieckiego na rzecz Polski. Bogate doświadczenia radzieckiej energetyki i innych przemysłów oraz budownictwa udostępniane są nam w sposób bezinteresowny.

Wieloletnie układy handlowe zawarte między Polską a Związkiem Radzieckim 26 stycznia 1948 r. i 29 czerwca 1950 r. regulują m.in. dostawy sprzętu przemysłowego z ZSRR dla Polski oraz kredytową i techniczną pomoc Związku Radzieckiego przy budowie szeregu zakładów przemysłowych w Polsce w okresie od 1948 r. do 1958 r. W ramach tych umów otrzymaliśmy na dogodnych warunkach kredyty w wysokości 2200 milionów rubli dla częściowego pokrycia dostaw inwestycyjnych. Bez radzieckich dostaw sprzętu inwestycyjnego, bez radzieckiej dokumentacji i bez pomocy wybitnych

ekspertów radzieckich wszystkich dziedzin nie byłaby możliwa realizacja naszego wielkiego planu 6-letniego z lat 1950—1955, opartego m.in. na imporcie urządzeń inwestycyjnych ze Związku Radzieckiego wartości 6 miliardów rubli. W tej wielkiej masie urządzeń i obiektów przemysłowych znajdują się także czołowe obiekty naszej energetyki (m. inn. elektrownia wodna w Dychowie, elektrownia w Jaworznie II, elektrociepłownia na Żeraniu i w Nowej Hucie, będąca w budowie elektrownia Skawina i inne).

Otrzymaliśmy i otrzymujemy nadal na zasadach licencji dokumentację techniczną dla produkcji najbardziej nam potrzebnych maszyn, aparatów i urządzeń energetycznych. Z podstawowych urządzeń energetycznych produkujemy turbiny ciepłownicze typu WT—25 (polskie oznaczenie typu TC—25) i kotły typu PK10 o wydajności 230 t/h. Przygotowujemy na podobnych zasadach produkcję turbin kondensacyjnych typu WK—50.

Rok bieżący otworzył przed nami nie znane przedtem możliwości utworzenia dwu pełnowyposażonych ośrodków badań atomowych w Polsce przy pomocy dostaw ze Związku Radzieckiego oraz doświadczenia uczonych i inżynierów radzieckich. Mamy również do zanotowania dłuższy pobyt kilkudziesięcioposobowej delegacji naszej energetyki w Związku Radzieckim na wiosnę tego roku oraz ekspertyzę naszego następnego Planu 5-letniego (1956—1960) w dziedzinie energetyki przez fachowców radzieckich. Nie zapominajmy wreszcie o stałym kształceniu naszych wysokokwalifikowanych kadr technicznych w drodze odbywania czy to normalnych, czy też specjalnych studiów w Związku Radzieckim.

Wszystkie te formy współpracy i różnorodna pomoc radziecka dla narodowej gospodarki polskiej są zarazem świadczeniami Związku Radzieckiego na rzecz całego obozu socjalizmu.

MGR INŻ. BOGUSŁAW LESZEK

Kierunki rozwojowe energetyki w planie 5-letnim*)

1. Wstęp.

Podstawą planowania gospodarki socjalistycznej, tj. gospodarki mającej za cel stałe podnoszenie poziomu życia ludności, jest zapewnienie systematycznego rozwoju wszystkich gałęzi tej gospodarki. Rozwój ten musi gwarantować pełne zaspokojenie rosnących potrzeb ludzi pracy i potencjału obronnego naszego kraju, ważnego ogniwa obozu pokoju.

Osiągnięcie założonego w planie poziomu rozwoju musi się odbywać przy odpowiednim uprzywilejowaniu decydujących ogniw gospodarki. Szczególna rola przypada energetyce. Energia — elektryczna i ciepła — jest jednym z podstawowych czynników rozwoju przemysłu oraz ważnym czynnikiem podnoszenia warunków bytowych.

Przekształcenie Polski w kraj przemysłowy znajdzie swe odbicie w systematycznym wzroście wskaźnika produkcji energii elektrycznej — wyższym niż wzrost wskaźnika produkcji globalnej przemysłu. Prognoza ta jest w pewnym stopniu warunkiem postępu technicznego naszej gospodarki. Energetyka w okresie planu 5-letniego powinna być zdolna nie tylko zaspokoić zaplanowane zapotrzebowanie mocy i energii, ale również stworzyć rezerwy mocy awaryjnej i mocy gospodarczej. Rezerwy takie umożliwią pełne rozwinięcie inicjatywy mas pracujących, które z pewnością będą ofiarnie dążyć do przekraczania zadań ustalonych przez partię i rząd.

2. Zapotrzebowanie energii i mocy.

W okresie planu 6-letniego produkcja energii elektrycznej poważnie wzrosła. Tempo tego wzrostu — znacznie większe

niż w krajach kapitalistycznych — wskazuje na szybką likwidację różnicy, która istniała w poziomie elektryfikacji naszego kraju w stosunku do krajów najbardziej uprzemysłowionych. Wzrost globalnej produkcji energii elektrycznej oraz wskaźniki produkcji w przeliczeniu na jednego mieszkańca są podane w tabl. I. Zapotrzebowanie energii w okresie 1956—60 będzie nadal znacznie wzrastała i trzeba się liczyć z tym, że roczna produkcja w roku 1960 będzie o ~ 70% większa niż w r. 1955. Oczywiście, przyrost tego zapotrzebowania w różnych dziedzinach gospodarki narodowej będzie wynikał z założonych proporcji rozwoju poszczególnych gałęzi tej gospodarki, a mianowicie według następujących przybliżonych wskaźników zużycia energii elektrycznej, gdzie dla roku 1950 przyjęto 1:

	1950	1955	1960
przemysł	1	1,8	2,9
trakcja	1	4,4	17,0
miasta	1	2,0	4,0
wsie	1	2,0	5,0

Produkcja energii elektrycznej na jednego mieszkańca wyniesie w r. 1960 około 1100 kWh rocznie, stawiając Polskę na obecnym poziomie elektryfikacji krajów przemysłowych, jak Francja, Niemcy, Belgia i Czechosłowacja. Wykonanie podstawowych zamierzeń wymaga wydatnego powiększenia wysiłku inwestycyjnego w dziedzinie energetyki i instalowania rocznie blisko 2 razy więcej mocy niż w ostatnich latach planu 6-letniego.

3. Surowce.

Około 90% produkcji energii elektrycznej opiera się obecnie na węglu kamiennym górnośląskim. Znacznie większy wzrost zapotrzebowania węgla dla energetyki niż wzrost wydobycia węgla stworzy już w najbliższych latach trudności w pokryciu zapotrzebowania. W okresie planu 5-letniego udział energetyki zawodowej i przemysłowej w bilansie węgla będzie się powiększał według przewidywań w następujący sposób w stosunku do ogólnego wydobycia:

1951 — 11 %; 1955 — 17 %; 1960 — 21,5 %.

Tak znaczny wzrost zapotrzebowania węgla dla energetyki wymaga zwrócenia większej niż dotychczas uwagi na miejscowe zasoby energetyczne, a zwłaszcza węgiel brunatny, odpady węgla kamiennego torf oraz wodne zasoby energetyczne.

Tablica I

	1938	1949	1955 (przewidyw.)
Produkcja ogółem (mlrd. kWh)	3,9	8,3	17,5
Produkcja na głowę ludności (kWh/mieszk.)	114	345	670

*) Referat wygłoszony na VIII Zjeździe Delegatów SEP (Poznań, 21 lipca 1955 r.).

Struktura mocy według rodzajów surowców energetycznych ulegnie zmianie, jak podano w tabl. II. Wysiłki ku poprawie struktury bilansu paliwowego będą zapoczątkowane

Tablica III

Elektrownie	1955		1960	
	moc instal.	produkcja	moc instal.	produkcja
Wodne	8,1%	4,6%	7,5%	4,2%
Na węgla brunatnym	0,8%	0,5%	6 %	5,7%
Na torfie	—	—	1,5%	0,5%
Na węgla kamiennym	91,0%	94,9%	85%	89,6%

przez wyzyskanie węgla brunatnego — będzie zbudowana wielka elektrownia w Koninie. Co do dalszych elektrowni na węglu brunatnym powstają opóźnienia ze względu na niedostatecznie przygotowane źródło surowcowe, a zwłaszcza rozpoznanie geologiczne. Będzie rozpoczęte wyzyskanie energetyczne torfu; stworzy to podstawę do uprzemysłowienia wschodnich terenów kraju.

Wykorzystanie reaktorów atomowych do celów energetycznych prawdopodobnie nie wejdzie jeszcze do r. 1960 w fazę zastosowania przemysłowego.

4. Gospodarka skojarzona ciepłno-elektryczna.

W planie 5-letnim znacznemu zwiększeniu ulegnie wytwarzanie energii elektrycznej w połączeniu z produkcją ciepła do celów bytowych i technologicznych. Da to poważne korzyści ekonomiczne oraz podniesie warunki zdrowotne miast. Poza dalszym rozwojem ucieplownienia Warszawy, zapoczątkowanego w planie 6-letnim, będą objęte ucieplownieniem dalsze miasta, jak Łódź, Bielsko, Nowe Tychy, Gdańsk, Poznań. Zasadniczym kierunkiem rozwoju ciepłownictwa będzie budowa nowych elektrociepłowni, wyposażonych w kotły na 100 atn i turbiny upustowe o mocy 25 MW, oraz przystosowanie starszych elektrowni miejskich do oddawania ciepła.

Energetyka przemysłowa przede wszystkim wprowadzi do ruchu turbozespoły upustowe i przeciwpężne. Najpoważniejszy udział w nowych inwestycjach energetycznych wytwórczych będzie miał resort chemii.

Poważny wzrost produkcji energii elektrycznej w związku z rozwojem ciepłownictwa — ponad 7-krotny w r. 1960 w stosunku do r. 1955 w energetyce zawodowej — da poważne zmniejszenie zużycia węgla (powyżej 1 miliona ton).

5. Energetyka wodna.

W dziedzinie energetyki wodnej w planie 5-letnim będzie włożony wielki wysiłek w przygotowanie i zapoczątkowanie budowy wielkich elektrowni wodnych na dolnej Wiśle i Dunajcu. Będą uruchomione nowe elektrownie na Brdzie, Sanie, Bugu. Inwestycje te, obejmujące w znacznym stopniu całokształt gospodarki, mają nie tylko znaczenie energetyczne, ale zmniejszą również niebezpieczeństwo powodzi i ułatwią rozwiązanie żeglugi, odbijają się korzystnie na programach rolnictwa. Efektu tych inwestycji należy oczekiwać — ze względu na ich zakres — dopiero w I połowie następnego 5-lecia. Choć przyrost mocy w elektrowniach wodnych będzie wynosił 60%, to jednak wskutek ich szczytowego charakteru i silnego rozwoju energetyki cieplnej udział elektrowni wodnych w globalnej produkcji zmniejszy się z 4,6% w 1955 r. na 4,2% w r. 1960.

6. Wysokie parametry i wielkie moce obiektów energetycznych.

W celu obniżenia nakładów inwestycyjnych i kosztów eksploatacji będziemy dążyć do dalszej koncentracji budownictwa: gdy w latach 1950—55 moc graniczna nowych obiektów wynosiła 300 MW, to w okresie 1956—60 r. zaczniemy budować elektrownie o mocy 500 MW. Udział wielkich elektrowni w produkcji energii elektrycznej ulegnie w stosunku do lat ubiegłych dalszemu powiększeniu, jak wskazuje następujące zestawienie:

Moc instalowana (MW)	1940	1955	1960
powyżej 200	0%	27,1%	32,4%
200÷101	25,8%	33,5%	36,4%
100÷ 51	28,6%	18,9%	17,9%
50÷ 21	25,9%	11,2%	9,1%
20	19,7%	9,3%	4,2%
	100%	100%	100%

Nowe elektrownie kondensacyjne będą budowane na obiegów otwartym, wykorzystującym wodę chłodzącą rzecznicą lub wielkich stawów. W nowym budownictwie dążeniem jest wyeliminowanie chłodziw w elektrowniach kondensacyjnych celem podniesienia sprawności.

Koncentracja wytwarzania w wielkich elektrowniach umożliwia, oczywiście, pod warunkiem istnienia mocnych powiązań sieciowych zastosowanie wielkich jednostek maszynowych. Już w latach 1953 ÷ 1955 wprowadzono do ruchu szereg kotłów o wydajności 230 t/h, turbin kondensacyjnych o mocy 50 MW i upustowych — 25 MW. W latach 1956—1960 energetyka zawodowa oprócz poważnych zespołów, które dostarczy raz pierwszy przemysł krajowy, będzie wprowadzać do ruchu także turbozespoły 100-megawatowe na te same parametry. Jedną z nowych elektrowni o turbozespołach 100-megawatowych będzie miała, być może, nawet parametry wyższe — 130 atn i 535°C oraz kotły o wydajności 460 t/h. Dzięki takiemu kierunkowi średnia moc wyposażenia maszynowego energetyki zawodowej ulegnie znacznemu powiększeniu:

	1952	1955	1960
średnia wydajność kotła (t/h)	26,3	38,5	54,5
średnia moc turbozespołu (MW)	9,5	12,6	17,8

Trzeba przy tym uwzględnić, że turbozespoły ciepłownicze o mocy 25 MW, które odpowiadają pod względem przepływu turbinom kondensacyjnym o mocy 50 MW, i turbiny przeciwpężne instalowane przy modernizacji elektrowni przez nadbudowę kotłów wysokoprężnych wpływają na obniżenie średniej mocy turbiny w r. 1960.

Celem zmniejszenia jednostkowego zużycia paliwa energetyka zawodowa z reguły będzie stosować wysokie parametry pary — 100 at i 500°C. Proces ten ilustrują zmiany, którym ulegnie struktura mocy i produkcji według ciśnień:

ciśnienie	moc zainstalowana		produkcja	
	1955	1960	1955	1960
do 30 atn	39,3%	22,3%	37,4%	13,3%
od 30 do 40 atn	15,2%	14,7%	15,4%	15,2%
powyżej 40 atn	45,5%	63,0%	47,2%	71,3%
razem	100%	100%	100%	100%

Zastosowanie wysokich parametrów pary, jednostek wielkiej mocy, obiegów otwartych w elektrowniach kondensacyjnych gospodarki skojarzonej ciepłno-elektrycznej, usprawnienia w starych urządzeniach technicznych oraz stałe podnoszenie kwalifikacji personelu spowodują powiększenie sprawności elektrowni zawodowych.

Wskaźnik zużycia węgla umownego na 1 kWh wyprodukowaną będzie zmieniał się w sposób następujący:

1950 — 0,786 kg/kWh,	
1955 — 0,580 „	(przewidywane wykonanie),
1960 — 0,51 „	(przewidywane).

Przewidywane na 1960 r. jednostkowe zużycie węgla postaw Polskę na jednym z pierwszych miejsc w Europie pod względem nowoczesności wyposażenia elektrowni. Dla ilustracji należy wskazać, że obniżenie jednostkowe zużycia węgla o ~ 70 g/kWh doprowadzi do zmniejszenia zużycia węgla o ~ 2 mln. ton rocznie.

7. Sieci elektryczne.

Budowa nowych elektrowni i coraz silniejsze wiązanie ośrodków spożycia z ośrodkami wytwarzania, zapewniające zmniejszenie rezerw instalowanych w elektrowniach oraz warunki maksymalnie oszczędnej pracy układu energetycznego wysuwają szereg nowych problemów, które już obecnie wymagają i będą w najbliższych latach wymagały racjonalnych rozwiązań technicznych.

Rozwój układów energetycznych jest niemożliwy bez uprzedniego wprowadzenia postępu technicznego w istniejących sieciach elektrycznych. Rozwój sieci najwyższych napięć ilustrują następujące wskaźniki długości (dla 1955 i przyjęto 1):

	1955	1960
sieci 220-kilowoltowe	1	2,8
sieci 110-kilowoltowe	1	1,9

Jak widać, duży nacisk będzie położony na rozbudowę państwowego układu energetycznego na 220 kV, a zwłaszcza przedłużenie szyny 220-kilowoltowej na północ i na Dolny Śląsk. Zupełnie oczywiste jest, że kwestią niedalekiej przyszłości jest związanie energetyczne na 220 kV polskiego układu z czechosłowackim i NRD.

Równolegle z rozbudową sieci najwyższych napięć musi postępować budowa sieci okręgowych i rozdzielczych. Łączna długość sieci wybudowanych w okresie 1955-60 przekroczy 40 000 km.

Drogą wymiany wyłączników lub ich modernizacji oraz drogą zastosowania dławików i przebudowy niektórych rozdzielni należy opanować wzrost mocy zwarciowej w układzie krajowym przynajmniej do roku 1970.

W sieci 110-kilowoltowej okręgu południowego wypadnie albo ustawiać wyłączniki o mocy wyłączalnej 4000 MVA albo stosować sekcjonowania, które jednak zmniejszą elastyczność ruchową sieci.

Obecny stan napięcia w sieciach jest niezadowalający. Jest on wynikiem deficytu mocy biernej, przesytu jej na znaczne odległości oraz braku dostatecznej ilości urządzeń do regulacji napięcia.

Konieczne jest zaostreżenie wymagań co do kompensowania mocy biernej u odbiorców, wprowadzania transformatorów z regulacją pod obciążeniem, wymiany przewodów oraz przebudowy sieci zwłaszcza niskiego napięcia.

Sieci nasze wymagają poprawy ochrony przepięciowej przez uzupełnienie ich odgromnikami, linkami odgromowymi i zabezpieczenia stacji od bezpośrednich wyładowań atmosferycznych, zainstalowania urządzeń do kompensacji prądów pojemnościowych jednofazowego zwarcia z ziemią.

Dla zapewnienia stateczności i pewności pracy układów sieciowych dalszego rozwoju technicznego wymagają urządzenia automatyki i zabezpieczeń układowych.

Powinniśmy dążyć do pełnego wyposażenia sieci w urządzenia do samoczynnego ponownego załączania, w które zaopatrzone dopiero ok. 25% długości istniejących sieci.

Wprowadzone w roku 1955 urządzenia SCO powinny znaleźć szerokie zastosowanie nie tylko w energetyce, ale także w zakładach przemysłowych w celu zmniejszenia strat produkcyjnych w wypadku konieczności wyłączeń o charakterze zakłóceniovym.

Należy rozciągnąć zastosowane u nas po raz pierwszy w Rożnowie urządzenia do samosynchronizacji generatorów na inne elektrownie wodne, a także na elektrownie ciepłe. Uruchomić należy urządzenia forsowania wzbudzania na dalszych generatorach.

Trzeba wprowadzić w fazę praktycznej realizacji urządzenia ochrony szyn zbiorczych wszystkich ważniejszych stacji.

Rozwiązania techniczne musi doczekać się problem automatycznej regulacji częstotliwości w układzie energetycznym.

8. Elektrownie.

Jakkolwiek w okresie 1956-60 oddany będzie do ruchu szereg nowych zakładów, istniejące ośrodki wytwórcze wymagają nie tylko utrzymania ich w gotowości ruchowej, ale także podnoszenia ich gospodarności. Najpoważniejszym problemem jest niewątpliwie modernizacja kotłów.

W okresie planu 5-letniego główna uwaga będzie zwrócona na modernizację kotłów dużej i średniej wydajności,

kotła może dać największy efekt ekonomiczny. Dążyć przy tym będziemy do przystosowania palenisk do spalania niskogatunkowych węgla energetycznych drogą przerabiania np. palenisk rusztowych na pyłowe, palenisk pyłowych na płynny żużel, drogą wprowadzania pneumonazutu.

Celowość wielkiej modernizacji mniejszych kotłów jako pociągającej znaczne koszty, musi znajdować ścisłe uzasadnienie ekonomiczne. Zasadniczym kierunkiem modernizacji dla tych kotłów będzie tzw. mała modernizacja, która pod względem kosztów niewiele odbiega od kapitalnego remontu kotła (wymiana powierzchni ogrzewalnej, poprawa ciągu, wprowadzenie podmuchu itp.).

Wprowadzane do ruchu kotły w elektrowniach rozbudowywanych, modernizacja kotłów istniejących, uzupełnienie łopatek w turbinach powinny już w okresie 1956-57 r. wydobycie rezerwy tkwiącej w starych urządzeniach energetycznych i zmniejszyć rozpiętość między mocą zainstalowaną a osiągalną z 200 MW w r. 1954 do ~ 70 MW w r. 1957, likwidacja bowiem tej mocy nie byłaby ekonomicznie uzasadniona.

Duży nacisk musi być położony w okresie lat 1956-60 na mechanizację, jako środek podwyższenia wydajności pracy. Związkiem musi to dotyczyć odpowiadania w wielu naszych elektrowniach.

Celem poprawienia sprawności istniejących elektrowni trzeba będzie usprawnić ich układy ciepłe, poprawić pracę urządzeń kondensacji turbin. Trzeba będzie także wprowadzić automatyczną regulację procesów cieplnych, a zwłaszcza automatyzację pracy kotłów.

9. Kierowanie pracą układu energetycznego.

Rozwój energetyki w latach 1955-60 i pełne wyzyskanie korzyści ekonomicznych z postępowych rozwiązań elektrowni i sieci, nie mogłyby być zrealizowane bez wyposażenia kierownictwa układów energetycznych, jakim są punkty rozrządcze centralne i okręgowe, w pierwszorzędną aparaturę łączności na wysokiej częstotliwości, w aparaturę do pomiarów zdalnych i sterowania zdalnego. Układy energetyczne powinny mieć do dyspozycji analizatory sieciowe, które z laboratoryjnej aparatury badawczej powinny stać się narzędziem codziennej pracy energetyka.

10. Zakończenie.

Podaliśmy listę — bynajmniej nie kompletną — zadań stojących przed energetykami dla zapewnienia niezawodnej i ekonomicznej pracy układu energetycznego. Poważne zadania, które stoją przed nami w dziedzinie budownictwa i eksploatacji elektrowni i sieci, a także budowy urządzeń energetycznych przez przemysł krajowy, wymagają poświęcenia wielkiej uwagi sprawie podniesienia poziomu technicznego i kwalifikacji inżynierów i techników. Konieczne jest zacieśnienie współpracy wszystkich elektryków, zarówno tych, którzy pracują w energetyce, jak i tych, którzy pracują w przemyśle elektrotechnicznym. Niewątpliwie wielka rola w tym zakresie przypadnie Stowarzyszeniu Elektryków Polskich.

MGR INŻ. T. MOSKALEWSKI

naczelný inżynier Centralnego Zarządu
Przemysłu Kablowego

Kierunki rozwojowe przemysłów kablowego i akumulatorowego w planie 5-letnim*)

1. Wstęp.

Przemysł kablowy charakteryzuje duże zużycie surowców, z których wiele należy do kategorii deficytowych. Kable i akumulatory są głównymi konsumentami ołowiu. Przemysł kablowy jest największym odbiorcą miedzi i aluminium, przy czym z kolei jest dostawcą półfabrykatów z metali kolorowych dla pozostałych gałęzi przemysłu elektrotechnicznego. Zużycie kauczuku, wysokogatunkowego papieru, tworzyw termoplastycznych, stali na taśmy i druty do pancerzenia, różnego rodzaju przedr i innych materiałów jest bardzo poważne, niejednokrotnie przewyższające możliwości ich dostaw. Na czoło więc zagadnień przemysłu kabli i akumulatorów wysuwają się dwa: 1) zmniejszenie zużycia materiałów, 2) zastąpienie surowców i materiałów deficytowych materiałami dostępnymi.

Czas pracy kabli i przewodów powinien być możliwie długi

*) Referat wygłoszony na VIII Zjeździe Delegatów SEP (Poznań, 11 lipca 1955 r.).

i musi wynosić dla kabli ponad 30 lat. Również czas pracy akumulatorów — w założeniu wysokokwalifikowanej obsługi i dobrej konserwacji — musi wzrosnąć, gdyż za to w rezultacie zmniejszenie produkcji i poważne oszczędności. Czas pracy nie może ulec zmniejszeniu przez wprowadzanie surowców zastępczych. Stąd wypływa następne zagadnienie: podniesienie jakości kabli i akumulatorów i przedłużenie czasu ich pracy nawet przy stosowaniu surowców zastępczych.

Gwałtownie rosnący przemysł naszego kraju, opanowujący dziedziny niedostępne dla nas w czasach rządów kapitalistycznych, stawia coraz poważniejsze wymagania w zakresie wyrobów specjalnych, dostosowanych do coraz trudniejszych warunków pracy. Stąd konieczność rozszerzenia asortymentu produkowanych wyrobów.

Rozwój przemysłu kabli i akumulatorów jest nie do pomysłenia bez poważnego rozwoju innych przemysłów,

w szczególności hutniczego i chemicznego. Podstawowe potrzeby przemysłu kabli i akumulatorów są jednak często problemami drobnymi w skali kluczowych zadań, stawianych przed naszym drugim przemysłem narodowym — chemią. Stąd wypływa konieczność rozbudowy niezbędnie potrzebnych źródeł surowcowych.

Konieczność obniżania kosztów własnych produkcji jako nakaz stały wysuwa zagadnienie mechanizacji i automatyzacji procesów produkcyjnych oraz kontroli, co wiąże się również bezpośrednio z podniesieniem jakości wyrobów.

Ostatnie wreszcie, jakkolwiek nie najłatwiejsze, jest zagadnienie powiększenia produkcji dla zaspokojenia rosnących potrzeb gospodarki narodowej.

Wobec rozległego zakresu wymienionych wyżej zagadnień mogą one być omówione na tym miejscu jedynie w formie fragmentarycznego przeglądu spraw najważniejszych.

2. Zmniejszenie zużycia materiałów.

a) Zastąpienie linek elektroenergetycznych staloaluminowych linkami ze stopów aluminium z magnezem i krzemem, tj. linkami aldrejowymi, które obecnie są produkowane w ilości zaledwie 100 t rocznie. W roku 1958 ich produkcja roczna będzie podwyższona do 3000 t rocznie, co pozwoli zaoszczędzić około 1500 to ocynkowanych drutów stalowych wysokiej wytrzymałości. Da to poza tym w kablowni duże oszczędności na robociznie, na liniach zaś oszczędności na słupach.

b) Klasyczna instalacja oświetleniowa w budynkach mieszkalnych, wykonywana przy pomocy przewodów izolowanych gumą i zaciąganych do rurek izolacyjnych płaszczowych, musi ustąpić miejsca instalacji przy pomocy przewodów w izolacji polwinitowej, układanych wprost na ścianach i mieszczących się całkowicie w warstwie tynku.

Ciężar instalacji z przewodów wtynkowych wynosi około 40% ciężaru materiałów instalacji w rurkach płaszczowych, a ponadto przewody wtynkowe dają kolosalne oszczędności na robociznie, gdyż odpada konieczność kucia bruzd w ścianach. Instalacje tego rodzaju będą na szerszą skalę stosowane już w bieżącym roku, plan zaś 1960 r. przewiduje wykonanie 30 000 2- i 3-żyłowych przewodów wtynkowych; znaczy to, że większość instalacji w budynkach mieszkalnych będzie wykonana tym systemem. Do instalacji tej będzie produkowany również specjalny osprzęt, mieszczący się w grubości tynku.

3. Materiały zastępcze.

Do najbardziej deficytowych materiałów należą — nawet w skali światowej — miedź i ołów.

Miedź należy zastępować wszędzie, gdzie to jest możliwe z punktu widzenia technicznego i nie przekracza rozsądnych granic ekonomicznych, innymi metalami przewodzącymi. W szczególności aluminium i stałą. W szczególności najważniejszy odbiorca miedzi przewodowej — przemysł elektrotechniczny — winien w szerokim zakresie stosować aluminium zamiast miedzi. Dla ułatwienia tego zadania przemysł kablów rozpoczął już w bieżącym roku produkcję drutów aluminowych emaliowanych. Emalia będzie wykonana z lakierów poliamidowych, dających warstwę izolacyjną o dużej odporności na działania mechaniczne, temperatury oraz rozpuszczalników i olei mineralnych. Tegoroczna produkcja aluminowych drutów emaliowanych odpornych na temperaturę (aldet) wyniesie około 30 t i będzie wielokrotnie większa w roku 1960.

Przewody z żyłami stalowymi powinny być w szerokim zakresie stosowane w radiofonii przewodowej, w telefonii, w przewodach zapłonowych samochodowych, jednym słowem wszędzie tam, gdzie opór przewodu nie odgrywa zasadniczej roli.

W dalszym ciągu będzie zmniejszana produkcja kabli elektroenergetycznych z żyłami miedzianymi, powiększana zaś produkcja kabli z żyłami aluminowymi.

Aluminium będzie musiało być stosowane na żyły również w dziedzinie kabli teletechnicznych. Wywoła to poważne trudności zarówno w samej produkcji kabli, jak i w montażu oraz konserwacji ich na liniach.

Produkcja drutów jezdnych staloaluminowych ulegnie zwiększeniu tak, że stosowanie miedzi na przewody trakcyjne będzie doprowadzone do minimum.

Powłoki kablów z ołowiu można zastąpić: a) powłokami ochronnymi kombinowanymi z warstw metalu lub papieru

metalizowanego i warstw materiałów odpornych na działania wilgoci, np. bitumów, mieszanek gumowych itp.; b) powłokami ochronnymi z tworzyw sztucznych termoreakcyjnych lub termoplastycznych; 3) powłokami z aluminium.

Pierwszy typ powłoki będzie stosowany w kablach elektroenergetycznych wewnątrzowych, układanych w budynkach.

Powłoki z tworzyw termoreakcyjnych, do których należy tiokol — bardzo odporny na wilgoć i wpływy chemiczne, stosowane są do kabelek odpornych na wpływy atmosferyczne i chemiczne (KTGao i KTGato) już obecnie, a w przyszłym pięcioleciu będzie całkowicie wyeliminowane używanie ołowiu do tych kabelek.

Powłoki z tworzyw termoplastycznych, przede wszystkim z polwinitu (plastifikowany polichlorek winylu) będą zastępowane do kabli sygnalizacyjnych z żyłami izolowanymi gumą oraz — w miarę wyników doświadczeń — również do kabli elektroenergetycznych i teletechnicznych.

Powłoki z aluminium będzie się stosować przede wszystkim do kabli elektroenergetycznych. Powłoki aluminiowe mają szereg zalet w stosunku do ołowianych: są znacznie lżejsze; nie wymagają opancerzenia, gdyż są dużo twardsze; są co najmniej tak samo odporne na korozję, jak powłoki ołowiane. Z punktu widzenia użytkownika główną ich wadą jest większa sztywność, na skutek czego powiększają się promienie krzywizn układania kabli, kablownie zaś będą miały poważne trudności z nakładaniem powłok aluminiowych.

Do zmniejszenia zużycia ołowiu w przemyśle akumulatorowym będą musiały być w szerszym zakresie stosowane akumulatory zasadowe. Przewiduje się zastosowanie akumulatorów zasadowych do oświetlania wagonów; do wózków akumulatorowych, a może nawet — jeżeli próby dadzą pomyślne rezultaty — do samochodów zamiast akumulatorów startowych.

Dla zmniejszenia zużycia bardzo deficytowych cienkich drutów stalowych ocynkowanych popularne przewody DGi i LGu (używane do instalowania suwnic wewnątrzowych oraz w innych przypadkach, gdy na przewód mogą zadziałać znaczne siły mechaniczne) będą dostarczane w giętkim opancerzeniu z profilowanych taśm stalowych, pokrytych warstwą metalu odpornego na korozję. Opancerzenie to, podobne do opancerzenia giętkich węży do gazu, zastąpi całkowicie do tychczasowy opłot z drutów stalowych.

4. Pozostałe zagadnienia.

Podniesienie jakości wyrobów jest stałym zadaniem przemysłu. Odbiorcy mogą pomóc w tej walce przez reklamacje jakościowe oraz przez bliższą współpracę z producentem podczas stałej obserwacji pracy wyrobów kablowych i akumulatorowych i zawiadamianie przemysłu kablowego o swoich spostrzeżeniach.

Wszystkie przewody mają mitkę rozpoznawczą w kolorze zastrzeżonym dla danej wytwórni, kable zaś drukowaną taśmą rozpoznawczą z rokiem produkcji kabla. Akumulatory są również cechowane znakiem wytwórni, można więc zawsze stwierdzić, kto dany wyrób wyprodukował, i zakomunikować mu swoje spostrzeżenia.

Wśród nowych wyrobów przewidzianych do produkcji w planie 5-letnim należy przykładowo wymienić — poza już wspomnianymi: druty profilowe emaliowane, przewody karłowate, przewody koncentryczne do wysokiej częstotliwości, przewody odporne na ciepło w izolacji szklanej, przewody do aparatów rentgenowskich przemysłowych, kable silnopiętrowe w izolacji suchej (podsuszanej) do zawieszania pionowego, kable olejowe na napięcie 110 kV, telefoniczne kable dalekosieczne koncentryczne, akumulatory zasadowe kolejowe, różne typy baterii i ogniwo do celów specjalnych.

Nazwy tych wyrobów same wskazują dziedzinę ich zastosowania.

W zakresie uzupełnienia źródeł surowcowych przemysłu kabli i akumulatorów przewidziane jest w planie pięcioletnim rozpoczęcie lub rozszerzenie produkcji następujących materiałów:

a) materiałów termoplastycznych, w szczególności plastifikowanego polichloru winylu (polwinitu), przystosowanego do celów izolacyjnych oraz na powłoki ochronne;

b) specjalnych lakierów izolacyjnych na druty emaliowane, druty w szkło, przewody lakierowane itp.;

c) separatorów mikroporowatych do akumulatorów.

Poza tym przemysł kablów, będący jednym z producentów materiałów izolacyjnych uwarstwionych na podstawie ba-

kielitowej (znanych pod nazwami getinaks, perfinaks, gumoid, gumoidtekt itp.), otrzymał polecenie powiększenia tej produkcji dla zaspokojenia potrzeb pozostałych gałęzi przemysłu elektrotechnicznego.

Mechanizacja przemysłu kablowego jest dość daleko posunięta. Nie mniej jednak i tu stoją przed przemysłem poważne zagadnienia w szczególności w zakresie mechanizacji transportu, w zakresie mechanizacji przeróbki gumy, co powinno w decydujący sposób wpłynąć na jakość wszystkich wyrobów z izolacją gumową, oraz w zakresie mechanizacji wyrobu akumulatorów, co powinno wpłynąć na ich jakość i czas służby oraz poprawić warunki higieniczne pracy w zakładach akumulatorowych.

Wyroby przemysłu kablowego i akumulatorowego mają tak powszechne zastosowanie i tak szeroką rzeszę odbiorców, że trudno jest ustalić zapotrzebowanie w planie pięcioletnim, zwłaszcza dlatego, że niesprecyzowane są jeszcze poszczególne zamierzenia inwestycyjne.

Również wskaźnikowe sposoby obliczania zapotrzebowania wyrobów kablowych np. na podstawie przyrostu mocy, produkcji energii czy innych ustalonych wskaźników są dość zawodne, zwłaszcza dlatego, że dzięki dość rozrzućnej gospodarce naszych projektantów i inwestorów wskaźniki zużycia wyrobów kablowych są u nas wyższe niż za granicą, a zwłaszcza w Związku Radzieckim.

Dalszym utrudnieniem w planowaniu długofalowym naszego przemysłu jest konieczność liczenia się z dość skąpymi źródłami surowców, co zmusza nas do ścisłego bilansowania materiałów rozporządzalnych.

Uwzględniając mniejszą lub większą deficytowość poszczególnych grup wyrobów kablowych oraz wzrost zapotrzebowania w poszczególnych grupach, można oszacować wzrost ich produkcji w roku 1960 w stosunku do roku 1955 w granicach przeważnie od 130 do 300%.

Srednio wzrost produkcji w tych latach wynosi dla przewodów i kabli 170%, dla akumulatorów 185%, dla baterii i ogniw 156%. Produkcja ta musi być uzyskana przy wzroście zużycia miedzi o 62%, aluminium o 84%, ołowiu o 30%.

Inwestycje przemysłowe będą tylko nieznacznie większe niż w planie 6-letnim, przy czym nie przewiduje się budowy nowych zakładów, przewiduje się tylko rozbudowę starych, w szczególności kablowni w Bydgoszczy.

Wzrost wydajności z metra kwadratowego powierzchni produkcyjnej wyniesie: w złotych niezmiennych 30%, w tonach 15%.

Niski wskaźnik przyrostu produkcji w tonach tłumaczy się przede wszystkim rozszerzeniem produkcji wyrobów lekkich, np. przewodów z aluminium, oraz najwyższym w przemyśle elektrotechnicznym wskaźnikiem zmienności wynoszącym 1,7.

Srednia wydajność pracy na jednego pracownika wrośnie zaledwie o 23%, co tłumaczy się przede wszystkim pogłębieniem produkcji półwyrobów oraz dotychczas najbardziej deficytowych asortymentów, wymagających dużej robocizny.

Tak w skrócie ustalone zadania przemysłu kablowego nie należą do zadań łatwych i będą mogły być spełnione tylko pod warunkiem wydajnej pracy załóg zakładów kablowych i akumulatorowych oraz dopływu świeżych kadr technicznych, których niedobór jest w przemyśle kablowym szczególnie wielki.

MGR INŻ. TADEUSZ PACHNIEWICZ

Kierunki rozwojowe przemysłu teletechnicznego w zakresie urządzeń słabo-prądowych w planie 5-letnim*)

1. Charakterystyka przemysłu z okresu przedwojennego oraz pierwszych lat powojennych (1945—46).

Przemysł tele- i radiotechniczny, reprezentowany przed wojną przez dwie duże fabryki zatrudniające ponad 2500 ludzi, 6 fabryk średnich zatrudniających około 500 ludzi oraz około 100 małych warsztatów zatrudniających poniżej 75 ludzi, produkował rocznie (w 1938 r.):

łącznic telefonicznych miejskich automatycznych	3000 NN
łącznic telefonicznych abonenckich automatycznych	1500 NN
łącznic ręcznych typu CB i MB.	10000 NN
łącznic międzymiastowych	60 stanowisk
aparatury telefonicznych	25 tys. szt.
odbiorników radiowych	145 tys. szt.

W wyniku działań wojennych przemysł tele- i radiotechniczny został zniszczony niemal doszczętnie (w 95%). Po wyzwoleniu trzeba było odbudowywać ten przemysł od podstaw. Okres odbudowy był tym trudniejszy, że większość fachowców przedwojennych wymordowali hitlerowcy, pozostali zaś przy życiu byli porzuceni po całym kraju i za granicą.

Trzeba stwierdzić, że dzięki dużej pomocy Związku Radzieckiego w zakresie materiałów, dokumentacji i fachowców przemysł tele- i radiotechniczny szybko rozwijał się po wojnie, przerastając daleko swój stan z okresu przedwojennego zarówno w zakresie wartości produkcji i asortymentu, jak i liczby dużych nowoczesnych zakładów oraz liczby zatrudnionych w nich pracowników.

Dla zobrazowania tego stanu niech posłużą następujące wskaźniki: jeżeli przyjąć wartość produkcji z zakresu przemysłu tele- i radiotechnicznego w 1938 r. za 100, to w latach powojennych wskaźniki te wynoszą:

w roku 1946	45,
" " 1950	190,
" " 1955	825,
" " 1960	4100.

Analogicznie wyglądają wskaźniki ilościowe produkcji.

Rzecz przemysłu tele- i radiotechnicznego w zakresie urządzeń słabo-prądowych omówimy kolejno według głównych dziedzin.

2. Urządzenia techniki łączenia.

W okresie planu 6-letniego produkcja urządzeń techniki łączenia wzrosła 3-krotnie, jak widać z następującego zestawienia ważniejszych grup asortymentowych:

	1950	1955	Przyrost %
a) łącznice automatyczne miejskie (NN)	5350	21000	392
b) łącznice automatyczne abonenckie (NN)	8800	24100	274
c) łącznice ręczne CB i MB (NN)	34800	56000	161
d) łącznice międzymiastowe CB i MB	140	220	157
e) aparaty telefoniczne CB i MB (tys. szt.)	28,8	140	486

W 1955 r. osiągnęliśmy blisko 7-krotny wzrost produkcji w porównaniu z 1938 r.

W planie 6-letnim przemysł teletechniczny wyprodukował łącznie (w tym rok 1955 oszacowano według przewidywań):

łącznic telefonicznych	475 tys. NN,
aparatury telefonicznych	500 tys. sztuk;

jeżeli do tego dodać stan na koniec 1949 roku, to w przeliczeniu na 1000 mieszkańców w końcu planu 6-letniego otrzymamy około 23 szt. aparatów telefonicznych (w stosunku do 7 szt. z okresu 1938/39 roku). Dla innych krajów analogiczne liczby wynoszą (dane 1952 r.):

Czechosłowacja	29 szt./1000 mieszk.,
Francja	59 " " "
Szwecja	252 " " "

a więc mimo dość szybkiego postępu w dziedzinie telefonizacji kraju w okresie powojennym wciąż jeszcze pozostajemy w tyle za przodującymi pod tym względem krajami.

W okresie powojennym opanowano produkcję central miejskich od małych do największych, zarówno pracujących pojedynczo jak i współpracujących ze sobą w sieciach wielocentralowych; między innymi wykonano skomplikowane urządzenia dla Warszawskiego Zespołu Miejskiego.

Równolegle z tym uruchomiono produkcję automatycznych łącznic abonenckich dla urzędów i przedsiębiorstw. Należy

*) Referat wygłoszony na VIII Zjeździe Delegatów SEP (Poznań, 11 lipca 1955 r.).

tu wymienić proste i ekonomiczne łącznice AT-200 oraz łącznice CAA dowolnie dużej pojemności. Dla instytucji o szczególnie dużych wymaganiach co do różnego rodzaju udogodnień w ruchu telefonicznym opracowano i uruchomiono produkcję nowego typu łącznicy „DT” z rozbudową do dowolnej pojemności oraz mniejsze łącznice tego typu DT-50. Prócz tego rozwinięto w szerokim zakresie produkcję tanich łącznic ręcznych (15 typów MB i CB) o wielkościach od 5 do 100 NN.

W zakresie aparatów telefonicznych opracowano polski model aparatu telefonicznego CB-49, dzięki czemu uwolniliśmy się od dość kłopotliwej licencji zagranicznej. Oprócz tego rozwinięto produkcję aparatów telefonicznych typu MB oraz aparatów przełącznikowych tzw. dyrektorsko-sekretarskich.

Dla potrzeb ruchu międzymiastowego uruchomiono produkcję central międzymiastowych typu uniwersalnego oraz typu MB i CB do współpracy z łącznicami 480 NN typu zastępczego.

Mimo tych osiągnięć przemysł teletechniczny zdaje sobie sprawę, że nie zaspokaja w pełni wszystkich potrzeb resortu łączności ani pod względem szerokiego asortymentu różnych urządzeń techniki łączenia oraz potrzebnej ilości części wymiennych, ani pod względem dostatecznie wysokiej jakości produkowanego sprzętu.

W zakresie jakości dużo już zrobiono, niemniej jednak dużo pozostaje jeszcze do zrobienia. Dlatego też plan 5-letni przemysłu teletechnicznego — oprócz zwrócenia uwagi na maksymalne podniesienie jakości dotychczas produkowanego sprzętu oraz pełne zabezpieczenie potrzebnych ilości części zamiennych — zwraca uwagę na wprowadzenie do produkcji nowych asortymentów z zakresu techniki łączenia, a mianowicie (wymieniamy tu tylko najważniejsze): 1) centrale automatyczne sieci okręgowej (1957), 2) centrale wiejskie półautomatyczne (1958), 3) centrale wiejskie automatyczne (1958), 4) centrale międzymiastowe bezsznurowe (1958), 5) centrale międzymiastowe specjalne (1956), 6) centrali domowe (1958), 7) translacje wybierania zdalnego (1958), 8) translacje indukcyjne (1957), 9) translacje prądu zmiennego (1957), 10) aparat telefoniczny dwulinowy (1958), 11) aparat telefoniczny ścienny (1957), 12) aparat telefoniczny przełącznikowy, nowy typ (1957).

Poza tym będą uruchomione w kraju takie podzespoły, jak regeneratory impulsów, selektorki, czasomierze, licznik ilości rozmów, które do tej pory były importowane. Dla podniesienia jakości łącznic od 1956 r. będą stosowane w produkcji nowe ulepszone przekładniki typu „B”, które w stosunku do przekładników typu „A” obecnie stosowanych wykazują większą pewność działania na skutek zastosowania podwójnych styków. Produkcja przekładników typu „B” wymaga również mniejszej ilości miedzi.

Z powyższego wynika, że produkcja w roku 1960 wzrośnie w stosunku do 1955 roku:

łącznic miejskich	o 130%,
łącznic abonenckich	o 30%,
aparatów telefonicznych	o 25%,
ogółem urządzeń techniki łączenia	o 50%.

W roku 1960 powinniśmy osiągnąć ok. 45 szt. aparatów telefonicznych na 1000 mieszkańców.

Trzeba zaznaczyć, że przemysł nasz przewiduje znacznie szerszy eksport produkowanych przez siebie łącznic wszystkich typów oraz aparatów telefonicznych niż do tej pory.

3. Urządzenia techniki przenoszenia.

W planie 6-letnim uruchomiono produkcję podstawowych urządzeń teletransmisji przewodowej systemu naturalnego, których przeznaczeniem jest umożliwienie wielokrotnienia łączności telefonicznej międzymiastowej na mniejszej ilości kabli.

Dotychczas uruchomiono 3 podstawowe urządzenia, wchodzące w skład kompletnego wyposażenia stacji wzmacniakowych, a mianowicie: 1) wzmacniaki uniwersalne, 2) dwa typy translacji, 3) transformatory liniowe, co można szacować na ~ 70% całości wyposażenia stacji wzmacniakowych.

Obecnie przemysł jest w trakcie uruchamiania produkcji urządzeń 1-krotnej telefonii systemu naturalno-nośnego, tzw. systemu „1+1”. Urządzenia te pozwolą na dodatkowe utworzenie dużej liczby nowych telefonicznych łączy międzymiastowych na istniejących już sieciach kablowych przez lepsze wyzyskanie ich, a więc lepsze wyzyskanie miedzi. W tym ro-

ku przemysł wykona serię próbną tych urządzeń w ilości 40 szt. urządzeń końcowych oraz 100 szt. wzmacniaków przelotowych.

Poważniejszy rozwój produkcji w tej dziedzinie łączności do tej pory nie był możliwy na skutek braku specjalnie do tego celu przeznaczonego zakładu produkcyjnego. Dlatego też w celu zapewnienia dalszego rozwoju produkcji urządzeń techniki przenoszenia w planie 5-letnim przewidziano nowy zakład produkcyjny.

Plan 5-letni przewiduje dalszy rozwój urządzeń teletransmisyjnych i opiera się na opanowaniu produkcji nowej dziedziny, a mianowicie urządzeń telefonii nośnej. Przewiduje się produkcję następujących nowych urządzeń (poza dotychczas produkowanymi): 1) urządzenie końcowe telefonii 12-krotnej (1958), 2) urządzenie końcowe telefonii 24-krotnej (1959), 3) wzmacniaki przelotowe dla telefonii 12- i 24-krotnej (1958), 4) stojaki rozwidleń (1958), 5) stojaki zewników (1958), 6) transformator liniowy dla telefonii nośnej (1957), 7) urządzenie telegrafii 18-krotnej (1958), 8) urządzenie telegrafii 24-krotnej (1958), 9) urządzenie telefonii 60- i 120-krotnej (wejdzie ono do planu technicznego, produkcja jednak będzie mogła się odbyć w pierwszych latach następnego planu 5-letniego).

Jak wynika z powyższego, najbliższy plan 5-letni przewiduje znaczne rozszerzenie asortymentu urządzeń teletransmisyjnych, nie wyczerpuje jednak wszystkich potrzeb resortu łączności. Będzie to mogło nastąpić dopiero w następnym planie 5-letnim, a więc po okresie pełnego rozruchu nowego zakładu urządzeń teletransmisyjnych.

Ogólny wzrost produkcji urządzeń techniki przenoszenia w stosunku do 1955 r. wyniesie w 1960 r. 950%.

4. Urządzenia radiowe.

Urządzenia nadawcze. Te urządzenia nie były przed wojną (poza kilku nadajnikami typu wojskowego) w Polsce produkowane, a ilość produkowanych odbiorników radiowych była niewystarczająca (145 tys. szt.). Trzeba również dodać, że produkcja ta odbywała się u nas wyłącznie na podzespołach pochodzących z importu.

Przemysł nasz opanował po wojnie produkcję kilku typów radiostacji; z tego najważniejsza to radiostacja krótko- i długofalowa o mocy 50 kW oraz nadajniki morskie.

W planie 5-letnim przemysł teletechniczny wykona seryjnie nowe typy dotychczas w kraju nieprodukowanych radiostacji, między innymi następujące:

- a) nadajnik średnifalowy telegr.-telefon. o mocy 5 kW (1958),
- b) nadajnik krótkofalowy telegraficzny o mocy 10 kW (1958),
- c) nadajnik ultrakrótkofalowy (FM) o mocy 10 kW (1957),
- d) nadajnik krótkofalowy o mocy 100 kW (1959),
- e) nadajnik średnifalowy o mocy 150 kW (1960).

Na dalszy asortyment nadajnikowy złożą się: nadajniki kurtowe, nadajniki morskie, nadajniki nawigacyjne dla potrzeb żegluga morskiej, nadajniki korespondencyjne, radiostacja szalupowa oraz urządzenia dla radiolączności dyspozytorskiej (zestaw stały i ruchomy).

Produkcja urządzeń radiowych nadawczych w roku 1960 wzrośnie o 230% w stosunku do 1955 r. Warto zaznaczyć, że produkcja ta opiera się prawie w 95% na podzespołach krajowych.

Urządzenia odbiorcze. Przemysł radiotechniczny rozwijał się po wojnie dość szybko, jak o tym świadczą następujące liczby:

w 1946 r. produkowano odbiorników	50 tys. szt.
„ 1950 r. „	86 „
„ 1952 r. „	214 „
„ 1955 r. „	460 „

Ten szybki wzrost produkcji odbiorników radiowych był związany przede wszystkim z rozwojem w kraju produkcji podzespołów, jak lampy elektronowe, kondensatory, opory, potencjometry, głośniki itp.

W planie 6-letnim zagadnienie to zostało rozwiązane pozytywnie, chociaż jeszcze dużo jest do zrobienia w zakresie podniesienia estetyki i jakości podzespołów, jak i samych odbiorników.

W ubiegłym roku przemysł radiotechniczny wypuścił na rynek odbiornik „Syrène”, który zdobył sobie już dobrą markę; jest on dobry pod względem jakości oraz ma wygląd estety-

yczny. W bieżącym roku rynek ujrzy nowy typ odbiornika — „Stolicę”; jest to odbiornik II klasy w pięknej skrzynce.

W roku 1955 wyjdą również na rynek dwa dalsze nowe typy odbiorników, a mianowicie „Mazur” z adapterem w nowej estetycznej skrzynce oraz odbiornik systemu klawiszowego „Ślask”, spełniający wymagania odbiornika I klasy.

Plan 5-letni przemysłu radiotechnicznego w zakresie odbiorników wychodzi z założenia, że w zasadzie liczba odbiorników nie będzie już tak szybko wzrastała (w 1960 r. — 525 tys. szt.), gdyż potrzeby krajowe zostaną już w zasadzie pokryte, natomiast przewiduje się wprowadzenie szeregu nowych typów przy jednoczesnym unowocześnieniu typów obecnie produkowanych (przejścia na podzespoły miniaturowe itp.).

Plan 5-letni przewiduje uruchomienie następujących typów odbiorników poza obecnie produkowanymi, które również ulegną dalszej mutacji:

- 1) odbiornik III klasy z AM — FM (1957),
- 2) odbiornik wysokiej jakości I klasy z AM — FM z adapterem i bez (1958),
- 3) odbiornik dużej mocy I klasy z AM — FM dla świetlic z adapterem, magnetofonem i mikrofonem (1959),
- 4) odbiornik samochodowy (1958),
- 5) odbiornik III klasy z AM uniwersalny ze strojeniem indukcyjnym (1958),
- 6) odbiorniki bateryjne z zastosowaniem tranzystorów w dwóch odmianach: a) odbiornik popularny, b) odbiornik turystyczny (walizkowy).

We wszystkich nowych typach odbiorników będą stosowane lampy miniaturowe, których produkcja rozpocznie się w kraju w 1956 r. Nowością w odbiornikach będzie również stosowanie prostowników selenowych zamiast lamp prostowniczych oraz diod germanowych. Wprowadzenie nowych typów odbiorników wymaga jednoczesnego uruchomienia nowych rodzajów podzespołów, jak: 1) głośniki nisko- i wysokotonowe, 2) rdzenie ferrytowe do obwodów wysokiej i pośredniej częstotliwości oraz do układów odchyłania, 3) diody germanowe, 4) prostowniki selenowe i germanowe, 5) kondensatory zmienne o ulepszonej konstrukcji, 6) tranzystory, które zastąpią lampy elektronowe w odbiornikach o małych gabarytach.

Niezależnie od odbiorników radiowych, które omówiono wyżej, przemysł radiotechniczny zgodnie z Uchwałą Prezydium Rządu nr 21 z dnia 19 lutego 1955 r. przystąpił do uruchomienia produkcji odbiorników telewizyjnych. Pierwsza produkcja ukaże się w 1956 r. W roku 1960 przemysł nasz będzie produkował już 50 tys. szt. odbiorników telewizyjnych, przy czym produkcja ta będzie nadal rozwijana do 75 tys. szt. rocznie w następnym planie 5-letnim.

Ogólnie wartość produkcji odbiorników radiowych i telewizyjnych według cen porównywalnych wzrosła w 1960 roku o 250% w stosunku do 1955 r.

W roku 1960 osiągniemy w Polsce 135 szt. odbiorników na 1000 mieszkańców (nie licząc w tym radiofonii przewodowej); odpowiednia liczba w roku 1938 wynosiła 26 sztuk.

5. Elektronowe przyrządy pomiarowe.

Dla zabezpieczenia szybkiego rozwoju sprzętu radiotechnicznego w Polsce została stworzona Uchwałą Rządu (w 1954 r.) fabryka elektronowych przyrządów pomiarowych. Asortyment ich jest dziś jeszcze dość skromny w stosunku do potrzeb krajowych. Plan 5-letni przewiduje bardzo poważny wzrost produkcji: w roku 1960 będziemy produkowali 11.000 szt. przyrządów, co oznacza 700% wzrostu w stosunku do 1955 r.

Obecnie produkuje się 111 typów przyrządów, a w 1960 r. będziemy produkowali ok. 40 typów przyrządów; w tym będą: mostki RLC, przyrządy do badania lamp, woltomierze lampowe, megomierze lampowe, generatory akustyczne, generatory sygnałowe, oscylografy katodowe, oporniki dekadowe, falomierze absorpcyjne, mostki do pomiaru zniekształceń, miliwoltomierze lampowe, mikrowoltery, mierniki dobroci (Q-metry), generatory impulsów, dekadowe dzielniki napięcia i wiele innych.

6. Sprzęt pozostały.

Z pozostałego sprzętu, który jest produkowany przez przemysł teletechniczny i według planu 5-letniego będzie nadal rozwijany, zasluguje na uwagę następujące pozycje.

1) Piec e wys o k i e j c z ę s t o t l i w o ś c i w dwóch odmianach: a) piec indukcyjny, b) piec dielektryczny.

Piec indukcyjny przeznaczony jest do obróbki cieplnej metali, głównie do hartowania powierzchniowego narzędzi i przedmiotów stalowych. Zastosowanie prądów wielkiej częstotliwości daje możliwość łatwego i dokładnego kontrolowania strefy i głębokości warstwy nagrzewanej. Hartowanie stali, np. piecem PIS-20, może się odbywać z szybkością ok. 12 cm²/s przy głębokości warstwy utwardzanej 1 mm, względnie z szybkością ok. 20 cm²/s przy głębokości utwardzania ok. 0,5 mm.

Ponadto piec indukcyjny umożliwia topienie metali w próżni lub w atmosferze gazów obojętnych.

Obecnie produkuje się piec indukcyjny średniofalowy o mocy 10 i 20 kW. W roku bieżącym znajduje się w stadium uruchomienia również piec o mocy 50 kW. Plan 5-letni przewiduje uruchomienie pieca o mocy 100 kW.

Przemysł nasz produkuje obecnie również piec dielektryczny o mocy 1 i 10 kW dla podgrzewania proszku bakelitowego, co znacznie przyspiesza proces technologiczny przy obróbce plastycznej. W planie 5-letnim przewidziane jest uruchomienie pieców dielektrycznych o mocy 20 i 50 kW.

2) P r o s t o w n i k i s e l e n o w e. Obecnie produkujemy następujące prostowniki selenowe: a) spawarkowe, b) telefoniczne 1- i 3-fazowe, c) 1-fazowe do ładowania akumulatorów, d) 3-fazowe do tegoż celu, e) 3-fazowe do zasilania urządzeń galwanicznych, f) 1-fazowe stabilizowane, g) 3-fazowe stabilizowane.

Plan 5-letni przewiduje dalsze rozszerzenie ilości typów w kierunku prostowników stabilizowanych z automatycznym przerywaniem ładowania. Ogólnie mówiąc wzrost produkcji wyniesie 50%.

3) U r z ą d z e n i a e l e k t r o a k u s t y c z n e. Obecnie przemysł nasz produkuje dość duży dobór wzmacniaczy głośnikowych — od 8 do 600 W — dla potrzeb radiofonizacji kraju oraz specjalny zespół sterujący, tzn. odbiornik razem ze wzmacniaczem i adapterem dla potrzeb świetlnych oraz małych węzłów radiofonicznych. Plan 5-letni przewiduje dalszy rozwój tej produkcji przez zmianę konstrukcji, unowocześnienie itd.

Będą wprowadzone do produkcji wzmacniacze o mocy 4 kW i 300 W dla potrzeb ośrodków radiofonicznych w miastach i na wsiach. Do produkcji wejdą również wzmacniacze przenośne dla megafonizacji różnych imprez publicznych.

Przemysł nasz w 1955 roku uruchomił pierwszą serię adapterów elektrycznych z wkładką krystaliczną oraz igłami szafirowymi. Adapter jest przystosowany do odtwarzania z płyt normalnych, jak również mikrorowkowych.

Plan 5-letni przewiduje uruchomienie dalszych odmian tego typu adaptera, a mianowicie: a) adapter walizkowy, b) adapter wraz ze wzmacniaczem, c) adapter ze zmieniającym płyt.

7. Zakończenie.

Z podanych wyżej danych wynika, że przemysł tele- i radiotechniczny będzie w planie 5-letnim w dalszym ciągu rozwijał się w bardzo szybkim tempie. Ogólnie biorąc plan produkcyjny przemysłu teletechnicznego wzrosła w stosunku do 1955 roku o 290%.

Rozwój przemysłu teletechnicznego jest konieczny i nieodzowny dla gospodarki narodowej. Jest on podstawą postępu technicznego we wszystkich dziedzinach naszej gospodarki narodowej. Zacofanie swoje na tym odcinku odrabiamy bardzo szybko dzięki właściwej polityce naszej Partii i Rządu. Ten szybki rozwój zawdzięczamy w dużej mierze Związkowi Radzieckiemu, który udostępnił naszym fachowcom praktyki, przysłał do nas swoich fachowców, jak również dokumentację techniczną i podzespoły.

Rolę, którą w ogólnej gospodarce ma do spełnienia przemysł teletechniczny, oceniło III Plenum naszej Partii, słowami tow. Bieruta: „szczególne zadania stoją przed przemysłem tele- i radiotechnicznym w walce o postęp w dziedzinie techniki elektronowej i uruchamianiu nowych aparatów i urządzeń, w tym także odbiorników telewizyjnych”.

Zadania te przemysł teletechniczny będzie realizował z całą stanowczością, czym przyczyni się do podniesienia stopy życiowej mas pracujących.

MGR INŻ. W. PIROG

Kierunki rozwojowe budownictwa przemysłowego w zakresie elektrotechniki w planie 5-letnim*)

1. Wstęp.

W zakres zadań i zainteresowań budownictwa przemysłowego wchodzi kilka specjalności z dziedziny elektrotechniki, przy czym stanowią one bądź zagadnienia elektrotechniczne w czystej formie, bądź też są powiązane z elektrotechniką pośrednio. Do podstawowych zagadnień z dziedziny elektrotechniki lub związanych z tą dziedziną, a występujących w budownictwie przemysłowym, należą: 1) budowa elektrowni, 2) montaż urządzeń i instalacji elektrycznych w zakładach przemysłowych, 3) instalacje teletechniczne w budynkach przemysłowych i dla potrzeb kierownictwa budowy, 4) elektryfikacja placu budowy, na którą składają się instalacje tymczasowe siły i światła na placu budowy, 5) napęd elektryczny maszyn budowlanych, obejmujący produkcję maszyn i urządzeń o napędzie elektrycznym oraz dokonywanie naprawy maszyn i urządzeń elektrycznych w budownictwie. Dla wypełnienia zadań w podanych specjalnościach organizacja budownictwa przemysłowego posiada odpowiednio przygotowany aparat w formie centralnych zarządów, przedsiębiorstw i zakładów.

Całokształt zadań, związanych z budową elektrowni i budownictwem energetycznym dla przemysłu, prowadzi Centralny Zarząd Budowy Elektrowni posiadający przedsiębiorstwa dla robót budowlano-montażowych w poszczególnych gałęziach, jak budownictwo ogólne, montaż ciepło-mechaniczny, montaż elektryczny, montaż aparatury pomiarowej i kontrolnej, wykonywanie izolacji termicznej i budowa chłodzi kominowych. Budowy wykonywa się na podstawie dokumentacji dostarczanej przez inwestora. Wyjątek w tym względzie stanowią chłodzi kominowe, dla których istnieje w ramach wykonawstwa również aparat projektujący.

Wykonawstwo instalacji i montażów elektrycznych — z wyłączeniem robót elektrownianych — należy do Centralnego Zarządu Montażu Urządzeń Elektrycznych. Dokumentacja techniczna dla tych robót wykonywana jest w dość dużym zakresie przez własne wyspecjalizowane biura projektów elektrycznych. W zakresie działalności przedsiębiorstw tego C. Z. wchodzi instalacje silno- i słaboprądowe. Główny temat zadań stanowią instalacje siły i światła w zakładach przemysłowych i montaż urządzeń zasilających wysokiego i niskiego napięcia. Pokażną pozycję w pracach stanowią napędy i urządzenia automatyki. Jedno z przedsiębiorstw tego C. Z. jest wyspecjalizowane w montażu urządzeń prostownikowych i elektrotermicznych, drugie w produkcji i instalowaniu dźwigów osobowych i towarowych, jeszcze inne posiada aparat wyspecjalizowany w zakresie instalacji słaboprądowych.

Zagadnienia, związane z produkcją maszyn o napędzie elektrycznym i z naprawą maszyn i urządzeń elektrycznych, są skupione głównie w zakładach Centralnego Zarządu Remontu Maszyn Budowlanych; zainteresowane są nimi również warsztaty zjednoczeń budowlanych, wykonujące te prace w mniejszym zakresie.

Szeroka skala zadań budownictwa przemysłowego w dziedzinie elektrotechniki wymaga — przy analizie jego kierunków rozwojowych — oddzielnego potraktowania poszczególnych specjalności. Wprawdzie ogólny kierunek dla wszystkich specjalności jest jednakowy, jednak szczegółowe zadania i wytyczne są odrębne. Ogólnym kierunkiem rozwojowym dla całego budownictwa przemysłowego jest uprzemysłowienie jego metod. Kierunek ten w dziedzinie elektrotechniki znajduje odzwierciedlenie głównie w budownictwie elektrowni i przy montażu urządzeń i instalacji elektrycznych.

2. Budownictwo elektrowni.

Budownictwo elektrowni ma wytyczone na okres planu 5-letniego dla poszczególnych specjalności branżowych zadania i kierunki rozwojowe, składające się w sumie na jego uprzemysłowienie. Podstawowymi elementami tego uprzemysłowienia są: typizacja, prefabrykacja, mechanizacja i prawidłowa organizacja budów i robót.

O stopniu typizacji decydują biura projektowe inwestorów, aparat wykonawczy jednak jest bardzo zainteresowany w jak najszerzym rozwinięciu typizacji, gdyż istnieje wówczas

możliwość opracowania i wprowadzenia jednolitej technologii budowy i montażu oraz jednolitej organizacji robót.

W robotach budowlanych wytkniętym kierunkiem jest przejście w jak najszerzym zakresie na budownictwo prefabrykowane, a w szczególności na montaż ciężkich elementów prefabrykowanych, zastosowanie elementów z betonu sprężonego, wprowadzenie elementów wielkopłytkowych i wieloblokowych, jak np. bloki i płyty ścienne, płyty dachowe itd. Już obecnie za wzorem budownictwa elektrowni w ZSRR i na Węgrzech wykonywana jest budowa — z ciężkich elementów prefabrykowanych — kotłowni w jednej z budowanych elektrowni. Najcięższe z tych elementów — słupy nośne — o wadze 92 t i wysokości 31 m będą wykonane również w formie prefabrykatów na placu budowy i montowane za pomocą specjalnych żurawi montażowych. Będą to najcięższe tego rodzaju elementy, zastosowane dotychczas w budownictwie elektrowni europejskich. Całość konstrukcji omawianej hali będzie wykonana z prefabrykatów łącznie z wypełnieniem ścian wielkimi płytami. Przewiduje się zastosowanie tej metody również w innych elektrowniach będących w budowie.

Dotychczasowy zakres prefabrykacji był niewielki i dotyczył w zasadzie tylko lekkich elementów stropodachowych. Obecny wskaźnik prefabrykacji jest mały i oceniany mniej więcej na 20%, natomiast założono wzrost wskaźnika prefabrykacji w okresie planu 5-letniego do 30%.

Równoległe z rozszerzeniem zakresu stosowania prefabrykatów przewidziany jest znaczny wzrost stopnia mechanizacji dla zastąpienia pracy ludzkiej przy robotach pracochłonnych pracą sprzętu budowlanego i urządzeń małej mechanizacji. Będzie to osiągnięte przez zwiększenie wskaźnika usprężowania — tj. stosunku wartości sprzętu do wartości wykonanych w roku budów — z 5,8% w 1955 r. na 6,4% w 1960 r. przy bezwzględnym wzroście wartości sprzętu o ~ 100% oraz przez wyzyskanie sprzętu w większym stopniu. W szczególności duża uwaga jest zwrócona na urządzenia transportu pionowego i poziomego.

Zaplanowane jest wprowadzenie i rozwinięcie innych podstawowych metod budownictwa, jak organizacja na placach budów elektrownianych centralnych betoniarni, centralnych zbrojarni i centralnych ciesielni, jak zagęszczenie, odwodnienie i naparzenie betonów, jak mechaniczne tynkowanie, zastosowanie plastifikatorów od betonów, zastosowanie rusztowań rozbieralnych i ruchomych, zastosowanie szalunków ślizgowych itd. Dla zmniejszenia wagi i wymiarów elementów prefabrykowanych będą wprowadzone struno- i kablobetony.

W dziedzinie montażu ciepło-mechanicznego, tj. kotłów, rurociągów, kondensatorów, turbozespołów itd., będzie wprowadzony i rozwinięty tzw. montaż blokowy i półblokowy, polegający na tym, że na budowę będą dostarczane nie poszczególne elementy urządzeń, lecz elementy zmontowane w zespoły, w tzw. bloki lub półbloki. Montażu w bloki i półbloki będą dokonywać wytwórnie maszyn i urządzeń lub własne zakłady prefabrykacyjne przedsiębiorstwa wykonawczego organizowane na terenie ośrodka warsztatowego lub na placach budów.

Przejście na system montażu blokowego i półblokowego będzie wymagało wprowadzenia odpowiednich zmian w konstrukcji maszyn i urządzeń i dostosowania do tego celu systemu produkcji w odnośnych wytwórniach. Montaż blokowy jest już obecnie stosowany i obejmuje 70% montowanych kotłów z dostaw radzieckich. Należy podkreślić, że stosowany dotychczas system montażu rozsypowego, tj. poszczególnych drobnych elementów, jest bardzo pracochłonny i wymaga długiego czasu. System blokowy i półblokowy pozwoli na zmniejszenie robocizny i skrócenie czasu montażu. Z rozwojem systemu blokowego i półblokowego w pracach montażowych zostanie zastosowana w szerokim zakresie mechanizacja pracochłonnych robót montażowych, a w szczególności mechaniczna obróbka rur, ukosowanie do spawania, szlifowanie do spawania, szlifowanie do zawalcowania, mechaniczne rozwalcowywanie rur kotłowych, rur kondensatorowych itd. Na dużych placach robót montażowych będzie scentralizowane wytwarzanie i rozprowadzanie gazów technicznych, używanych do obróbki i montażu. Nowy system montażu będzie wymagał

*) Referat wygłoszony na VIII Zjeździe Delegatów SEP (Poznań, 11 lipca 1955 r.).

gać znacznej mechanizacji transportu poziomego i pionowego.

Ważny problem stanowią próby odbiorcze armatury i aparatury wysokoprężnej. Przewiduje się zorganizowanie centralnego ośrodka w ramach specjalizowanych przedsiębiorstw dla przeprowadzania tych prób.

W dziedzinie urządzeń elektrycznych elektrownianych kierunku rozwojowy nastawiony jest na typizację rozwiązań i prefabrykację elementów montażowych. Bardzo istotne zagadnienie stanowią nastawnie i pulpity sterownicze. Są one wytwarzane przez przemysł krajowy lub importowane; zachodzi konieczność zorganizowania produkcji niektórych elementów przez przedsiębiorstwa montażowe we własnym zakresie.

W dziedzinie robót izolacji termicznej przewiduje się zastosowanie prefabrykatów izolacyjnych w formie mat, kształtek, cegły z wełny żużlowej oraz mechanizowanie takich prac, jak docinanie oraz szlifowanie cegły i kształtek, mechanizację przyrządzania zapraw, natryskowe malowanie rurociągów itd.

Jednym z elementów postępu będzie rozbudowa laboratoriów głównych i polowych, a w przedsiębiorstwach montażowych komórek rentgenologicznych do badania jakości spawania urządzeń na parę wysokiego ciśnienia. Będzie stosowana metoda badania spawów za pomocą kobaltu 60. Będzie gruntownie opanowane spawanie wysokoprężnych rurociągów.

W dziedzinie chłodzi kominowych wprowadzana jest budowa chłodzi typu hyperbolicznego, wykonanych z betonu lanego, zamiast chłodzi drewnianych. Pierwsze chłodzi tego typu już wybudowano lub są w budowie. Dla obniżenia kosztów budowy zaplanowano przejście — za przykładem rozwiązań węgierskich — na budowę chłodzi typu cylindrycznego, przy których istnieje możliwość stosowania szalunków szluzowych do betonowania. Kierunek rozwojowy w budowie chłodzi przewiduje wykonanie dolnej konstrukcji z prefabrykatów żelbetowych; prefabrykaty żelbetowe przewidziane są również na urządzenia zraszające, aby jak najdalej ograniczyć zużycie drewna. Budownictwo przemysłowe ma w swym ręku całość zagadnienia chłodzi kominowych, tj. projektowanie i ich budowę, i dlatego też w planie 5-letnim przewiduje stypizowanie chłodzi w kilku wielkościach. Typizacja umożliwi prefabrykację, stosowanie przenośnych urządzeń do szalowania i jednolitą technologię montażu. Przyczyni się to do obniżenia kosztów budowy.

Zagadnienie montażu aparatury pomiarowo-kontrolnej i automatyzacji w budownictwie elektrowni obejmuje w przyszłych planach rozszerzenie produkcji tablic sterowniczych, pomiarowych i kontrolnych w rozwiązaniu typowym. Tablice takie dla kotłowni są już stypizowane i przekazane do produkcji warsztatom przedsiębiorstwa montażowego.

Zagadnienie typizacji w budownictwie elektrowni jest bardzo ważne i chociaż zależy ono od pracy biur projektowych podległych energetyce, jednak budownictwo przemysłowe, jako bardzo zainteresowane typizacją, czyni duży nacisk w tym kierunku. Należy tu podkreślić, że typizacja nie jest jednak w pełni możliwa ze względu na różnorodność urządzeń i wyposażenia, pochodzących z dostaw zagranicznych.

Realizacja wytkniętych kierunków rozwojowych w poszczególnych działach, w szczególności w zakresie prefabrykacji i mechanizacji, wymaga rozbudowy zaplecza technicznego przedsiębiorstw budowlanych i montażowych dla przeniesienia czynności wykonawczych z placu budowy do warsztatu oraz dla produkcji specjalnego sprzętu montażowego i narzędzi montażowych. Wytwarzanie ciężkich prefabrykatów przewidziane jest bezpośrednio na placu budowy, elementów zaś lżejszych — w wyspecjalizowanych zakładach i warsztatach prefabrykacyjnych.

Prawidłowe prowadzenie budów wymaga przygotowania w porę dobrze opracowanych projektów organizacji robót i zagospodarowania placu budowy, na co położony będzie specjalny nacisk.

3. Montaż urządzeń i instalacji elektrycznych wysokiego i niskiego napięcia w zakładach przemysłowych.

Kierunek rozwojowy tej dziedziny obejmuje większe uprzemysłowienie robót, na co składają się głównie prefabrykacja i mechanizacja procesów pracochłonnych. Wskaźnik uprzemysłowienia wynoszący obecnie 16% będzie podwyższony w roku 1960 do 30%. Warunki wyjściowe dla takiego rozwoju są następujące: uporządkowanie obowiązujących przepisów, norm i normatywów, normalizacja

rozwiązań i wprowadzenie na szeroką skalę typizacji. Obecnie wykonywa się według dokumentacji typowej i powtarzalnej ok. 6% prowadzonych budów i montażów, przy czym główna część dokumentacji typowej pochodzi z własnych biur projektowych budownictwa przemysłowego. Jako wytyczną na rok 1960 założono udział dokumentacji typowej i powtarzalnej w całości robót w wysokości 40%. Należy nadmienić, że najwięcej stypizowane będą roboty montażowe stacji prostownikowych, gdzie wskaźnik typizacji wyniesie ok. 80%.

Program typizacji obejmuje opracowanie i wprowadzenie elementów typowych w następującym zakresie: typowe celki rozdzielcze 15-kilowoltowe z podwójnym układem szyn zbiorczych, typowe celki rozdzielcze 30-kilowoltowe z pojedynczym i podwójnym układem szyn zbiorczych, typowe rozdzielnie szafowe wys. nap. z aparaturą wysuwaną, typowe rozdzielnie szufladowe nisk. nap., typowe podstacje przemysłowe jedno- i dwutransformatorowe wbudowane, typowe podstacje przemysłowe 1- i 2-transformatorowe wewnątrz-oddziałowe, typowe przewoźne podstacje transformatorowe do zasilania placu budowy, typowe podstacje przemysłowe wolnostojące, typowe elementy stacji prostownikowych trakcyjnych (tramwajowych), typowe szafy przyłączowe silników wys. napięcia dla zakładów przemysłowych, typowe szafy przyłączowe silników nisk. nap. dla zakładów przemysłowych, zabezpieczenie przed porażeniem przy zerwaniu przewodu trolejowego suwnic i dźwigów, zespoły przełączania światła z prądu zmiennego na stały w razie zakłóceń w pracy, blokada mechaniczna i elektryczna w rozdzielniach wysokiego napięcia, ochrona przed porażeniami w sieciach, w których instalacje silnikowe dużej mocy mają uziemienia ochronne; wreszcie wydanie katalogów typowych oraz powtarzalnych elementów instalacyjnych.

W zakresie instalacji elektrycznych niskiego napięcia wyśliki idą w kierunku maksymalnej normalizacji i typizacji elementów instalacyjnych. Dotychczas opracowano i wprowadzono jako stypizowane rozwiązania linii zasilających — szynoprzewody; zamierzenia obejmują stypizowanie również innych części instalacji, jak np. doprowadzenia do maszyn, oraz zastosowania innych rozwiązań np. zespoły rur instalacyjnych.

Prefabrykacja przewiduje wykonywanie w warsztatach zjednoczeń elektromontażowych gotowych elementów instalacyjnych, dostarczanie ich w takim stanie na plac budowy oraz montaż.

Przewidziane jest również opanowanie spawania metali nieżelaznych. W ramach postępu technicznego przewidziane jest znaczne rozszerzenie zakresu prac laboratoryjnych w terenowych przedsiębiorstwach montażowych dla kontroli montażu oraz przy uruchamianiu wykonanych instalacji i urządzeń.

W dziedzinie projektowania przewiduje się wprowadzenie postępowych metod opracowania dokumentacji i zastosowania nowoczesnych rozwiązań. W szczególności będzie zwrócona uwaga na takie zagadnienia, jak automatyka rozruchu, regulacja urządzeń, zabezpieczenie urządzeń, wprowadzenie elementów elektroniki w układach napędowych, kompensacja sieci w dużych zakładach przemysłowych, ochrona urządzeń elektrycznych w zakładach przemysłowych od przepięć i wyładowań atmosferycznych, automatyczna regulacja urządzeń do poprawy współczynnika mocy, projektowanie instalacji w pomieszczeniach zagrożonych wybuchem, dobór aparatury do ograniczenia mocy zwarcia w sieciach wysokiego i niskiego napięcia zakładów przemysłowych itd.

Zagadnienie prefabrykacji będzie mogło być rozwiązane przy zapewnieniu ze strony przemysłu dostaw urządzeń w formie prefabrykatów oraz rozbudowy własnych warsztatów prefabrykacyjnych w zjednoczeniach elektromontażowych. Dla mechanizacji robót będą w szerokim zakresie zastosowane takie urządzenia i maszyny, jak gwintarki i gietarki mechaniczne, koparki do rowów kablowych, różnego rodzaju urządzenia do podnoszenia przy montażu, załadunku i wyładunku materiałów. W wyniku tych wszystkich czynników nastąpi podniesienie wydajności pracy w okresie planu 5-letniego o ~ 20% w stosunku do poziomu 1955 roku.

4. Instalacje i urządzenia teletechniczne.

W tej dziedzinie uwaga będzie skierowana na instalowanie central dyspozytorskich na dużych placach budów i montaż instalacji teletechnicznych w zakładach przemysłowych. Obecnie produkowane są przez przemysł państwowy centrale dyspozytorskie typu IOMB 55-CB 20 i 30 NN przy ścisłej współpracy z Instytutem Organizacji i Mechanizacji Budowni-

ctwa Przemysłowego. Przewiduje się w planie 5-letnim ulepszenie istosowanego obecnie typu central dyspozytorskich, nadanie im nowych cech eksploatacyjnych, umożliwiających w szczególności zastosowanie central do celów dyspozytorskich i konferencyjnych. Ponadto prace idą w kierunku wyeliminowania akumulatorów jako źródła zasilania tych central i wyposażenia ich w urządzenia głośnikowe.

5. Napęd elektryczny maszyn budowlanych.

Wprowadzenie takiego napędu na placu budowy wymaga opracowania stypizowanych przenośnych elementów sieci i instalacji i wprowadzenia ich w wykonawstwie. Konieczne jest również zapewnienie dostaw przenośnych i przewożonych stacji transformatorowych. Zapoczątkowana w swoim czasie produkcja takich stacji będzie powiększona, przy czym będą wprowadzone nowe typy i wielkości. Będą również przepro-

wadzone prace w kierunku zastosowania w urządzeniach maszynowych budownictwa następujących instalacji: sterowania zdalnego, sygnalizacji zdalnej, oraz kontroli pracy urządzeń o napędzie elektrycznym.

6. Naprawy maszyn i urządzeń elektrycznych.

W tej dziedzinie przewidziana jest rozbudowa centralnego warsztatu, wyposażonego w potrzebne maszyny oraz w stację do prób mechanicznych i elektrycznych celem badania naprawianych maszyn i urządzeń. Planowana jest rozbudowa działu elektrotechniki samochodowej.

Wszystkie wymienione wyżej kierunki rozwoju w poszczególnych gałęziach budownictwa dadzą po ich zrealizowaniu znaczne obniżenie kosztów budownictwa, podniesienie jego jakości przy równoczesnym skróceniu czasu trwania budowy i montażu poszczególnych obiektów.

MGR INŻ. WŁADYSŁAW PASZEK

Zakład Maszyn Elektrycznych
Politechniki Śląskiej

Nowoczesny układ regulacji posuwu elektrod pieca łukowego

62.002.86:621.3.07:621.365.2

Treść. Analiza układu regulacji przy pomocy amplitudyn krajowej produkcji. Wyniki pomiarów oscylograficznych układu regulacyjnego przy zastosowaniu prototypu amplitudyn krajowej produkcji i oryginalnej amplitudyn zagranicznej. Omówienie możliwości ulepszenia własności układu za pomocą dodatkowego elementu różniczkującego.

1. Wstęp.

Na wniosek Biprohu opracowano przy współpracy Zakładu Maszyn Elektrycznych Politechniki Śląskiej i Centralnego Biura Konstrukcyjnego Maszyn Elektrycznych projekt amplitudyny mocy 2,3 kW przeznaczonej do pracy w układzie regulacji posuwu elektrod pieca łukowego. Prototyp amplitudyny został zbadany w Laboratorium Zakładu Maszyn Elektrycznych Politechniki Śląskiej i wypróbowano na miejscu pracy w układzie regulacyjnym w hucie. Pomiary na miejscu pracy obejmowały samą amplitudynę oraz układ regulacyjny. Otrzymane wyniki pomiarowe pozwoliły zdecydować o wszczęciu produkcji seryjnej amplitudyny.

Na podstawie ideowego schematu regulacji elektrod trójfazowego pieca łukowego przeanalizujemy pracę układu zwracając uwagę na jej szczególne warunki spowodowane charakterystyką łuku elektrycznego.

2. Opis układu.

Na rys. 1 przedstawiono układ regulacji bocznikowego silnika napędowego M o obcym wzbudzeniu, który napędza winde jednej elektrody węglowej 3-fazowego pieca łukowego. Regulacja dwóch sąsiednich elektrod jest analogiczna. Zadaniem układu regulacyjnego jest podtrzymać ciągłość łuku między wsadem i elektrodą przy jednocześnie stałej średniej mocy wydzielanej na łuku. Elektrody zasilane są prądem 3-fazowym rzędu kilkunastu tysięcy amperów przy napięciu rzędu 100 V przez obniżający transformator wysokiego napięcia, wyposażony zwykle w szereg zaczepek (przełączalnych bez obciążenia) oraz dodatkowy trójfazowy dławik, zwiększający napięcia zwarcia transformatora (zwykle do 30 — 40%) i ograniczający przez to prądy zwarcia w chwili zapalenia łuku tzn. przy zwarciu elektrod z wsadem. Opór bierny dławika wpływa ponadto na stateczność łuku i jego wartość również jest dobierana z punktu widzenia zapewnienia nieprzerwanego łuku elektrody. Rys. 2 przedstawia wykres stosunku X/R obwodu jednej fazy 3-fazowego pieca łukowego w funkcji stosunku napięcia na łuku do napięcia fazowego wtórnej strony transformatora zasilającego przy zachowaniu warunków nieprzerwanego prądu elektrody. Na opór bierny jednej fazy składa się prócz oporu biernego zwarcia i dławika również opór krótkiego toru doprowadzenia do elektrody. Opór czynny jednej fazy jest sumą oporów dławika transformatora, krótkiego toru i elektrody. Parametry te wyznacza się na gotowym piecu najpraktyczniej przy pomiarze zwarcia.

Elektrody węglowe umocowane na linach stalowych z przeciważarem są poruszane za pomocą silnika bocznikowego, zasilanego z amplitudyny wyposażonej w trzy uzwojenia sterujące. Każda elektroda ma swój oddzielny silnik napędowy i oddzielną prądnicę amplitudynową. Trzy amplitudyny zasilające wchodziły w skład zespołu sprzężonego z jednym napędowym silnikiem asynchronicznym.

Dzięki znacznym współczynnikom wzmocnienia mocy amplitudyn w obwodzie uzwojeń sterujących potrzebna jest jedy-

nie znikoma moc, wskutek czego bardzo łatwo można zrealizować automatykę regulacji złożoną z prostych elementów, jak układy porównawcze, prostowniki suche itp. Napięcie łuku — między elektrodą i uziemionym kadłubem pieca — po wyprostowaniu w układzie mostkowym prostowników P_1 zasilą opór R_u i porównywane jest ze spadkiem napięcia na oporze R_i proporcjonalnym do prądu elektrody otrzymywanego za pośrednictwem przekładnika prądowego T_i (umieszczonego na szynie doprowadzającej prąd do pieca). Wtórna strona przekładnika prądowego zasilą przez pośredni transformator nasyceniowy Tr_{nas} , po wyprostowaniu w układzie mostkowym P_2 , opornik R_i wchodzący wraz z oporem R_u w skład układu porównawczego. Spadki napięć na oporach R_u i R_i mają kierunki przeciwne. Wypadkowe napięcie układu porównawczego zasilą przez opory R_2 , R_3 podstawowe uzwojenie sterujące amplitudyny, wzbudzające napięcie wyjściowe amplitudyny. Kierunek tego napięcia dobrany jest tak, by ruch silnika zasilanego z amplitudyny powodował zmniejszenie prądu sterującego aż do osiągnięcia wartości, która przypada poniżej tak zwanej strefy nieczułości. Strefa nieczułości jest wyznaczona maksymalnym napięciem amplitudyny, przy którym silnik zasilany z amplitudyny rozwija moment mniejszy od momentu oporu (moment tarcia oraz moment obciążenia wskutek niedokładnego zrównoważenia ciężaru elektrody i przeciwcieżaru).

Z powyższego wynika, że układ doprowadza do zrównoważenia napięcia na oporze R_u z napięciem na oporze R_i . Dla stanu ustalonego można napisać przy pominięciu strefy nieczułości

$$k_u U_1 - k_i I_1 = 0, \text{ czyli}$$

$$(1) \quad \frac{U_1}{I_1} = \frac{k_i}{k_u} = R_x$$

gdzie U_1 — napięcie łuku,

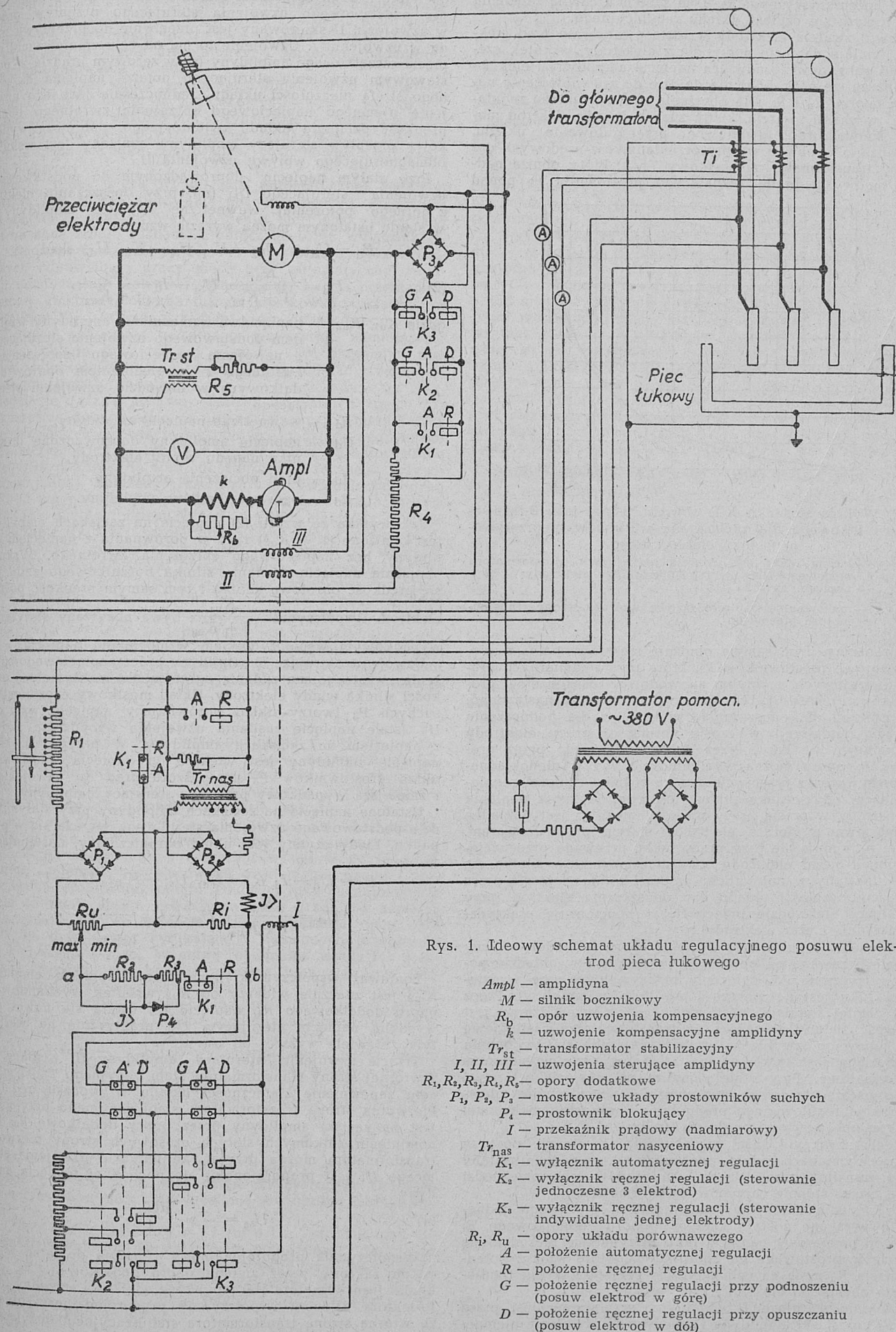
I_1 — prąd łuku,

R_i — opór łuku,

k_u, k_i — współczynniki proporcjonalności wiążące napięcie i prąd łuku z napięciem na oporze R_u względnie R_i .

Jest to regulacja na stałość oporu łuku, która przy stałej wartości skutecznej napięcia zasilania sprowadza się praktycznie do regulacji na stałość mocy wydzielanej w łuku.

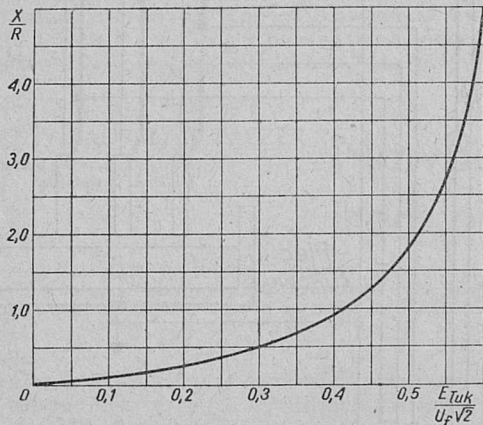
Jeżeli w chwili uruchomienia układu automatycznej regulacji elektrody nie dotykają wsadu i prąd przez elektrody nie płynie, pojawia się pełne napięcie na oporze R_u powodując wzbudzenie amplitudyny, zasilającej silnik windy w kierunku opuszczania elektrody. Opór R_2 włączony w obwód uzwojenia sterującego zmniejsza prędkość opuszczania dla ochrony elektrody przed uszkodzeniem w chwili uderzenia o wsad pieca. Jeżeli jedna elektroda wcześniej zetknie się z wsadem od elektrod sąsiednich, wówczas znika napięcie na oporze R_u układu porównawczego, jednakże prąd w łuku pojawi się dopiero po zetknięciu się drugiej elektrody z wsadem (zasilanie pieca 3-przewodowe). Z chwilą zapalenia łuku pojawia się prąd w obwodzie oporu R_i , który wzbudza przełącznik prądu



Rys. 1. Ideowy schemat układu regulacyjnego posuwu elektrod pieca łukowego

wy $I >$ bocznikujący opór R_2 . Tym samym z chwilą zapalenia łuku zwiększa się czułość układu regulacyjnego.

W chwili zwarcia elektrody wzrasta gwałtownie prąd elektrody i maleje napięcie pobierane z elektrody, wskutek czego układ porównawczy odwraca napięcie amplitudyny i elektrody podnoszą się pęty, póki nie dojdzie do zrównoważenia napięcia na oporze R_u i R_1 . Dla obniżenia czułości układu regulacyjnego w chwili zwarcia, kiedy znaczne prądy elektrod mogłyby spowodować gwałtowne przeregulowanie układu, wprowadzono w obwód wtórny przekładników prądowych dodatkowy transformator nasyceniowy Tr_{nas} , który obniża nadmierne nadwyżki prądu zasilającego prostowniki P_2 ponad



Rys. 2. Wykres stosunku X/R obwodu jednej fazy 3-fazowego pieca łukowego dla zachowania warunków nieprzerwanego łuku elektrycznego

X — łączna reaktancja zwarcia jednej fazy transformatora piecowego, dławika i toru krótkiego elektrody
 E_{luk} — napięcie na łuku
 $U_{f\sqrt{2}}$ — maksymalne napięcie fazowe wtórnej strony transformatora piecowego

prąd graniczny. Tym samym obniżają się maksymalne napięcia zaworowe prostowników P_2 , które przy nadmiernych prądach zwarcia mogłyby spowodować uszkodzenie prostowników. Prostownik blokujący P_4 ma na celu nastawienie innej czułości dla opuszczania (większej) i dla podnoszenia elektrody (mniejszej) w czasie normalnej pracy elektrody przy palącym się łuku. Przez dobór zwieranego przez prostownik P_4 oporu można wyeliminować wpływ niedokładnego zrównoważenia przeciwcieżaru na różnicę czułości regulacji zależnej od kierunku ruchu elektrody. Wskutek upalania się elektrody w czasie pracy pieca niemożliwe jest dokładne skompensowanie ciężaru elektrody stałym przeciwcieżarem. Zwykle przyjmuje się przy pracy lekką przewagę przeciwcieżaru ponad ciężar elektrody, a różnicę momentów silnika dla ruchu elektrody w dół i ruchu w górę kompensuje się przez zwiększenie czułości układu dla opuszczania elektrod (przy nieupalonej elektrodzie przeciwcieżar kompensuje praktycznie dokładnie ciężar elektrody).

Nastawienia regulowanej wartości oporu łuku dokonujemy za pomocą suwaka na oporze R_u pracującym w układzie potencjometrycznym. W położeniu maksymalnym moc wydzielana w łuku jest największa (opór łuku najmniejszy). Prócz takiej ciągłej regulacji nastawienia mocy przewidziana jest możliwość zmiany zaczepów na transformatorze zasilającym pieca łukowego (zwykle ze względu na trudności wykonania przewidziana jest tylko zmiana zaczepów przy wyłączonym transformatorze. Przy stałej amplitudzie napięcia wtórnego transformatora piecowego moc wydzielana w piecu jest głównie funkcją regulowanego prądu łuku i wykazuje maksimum dla określonej wartości prądu elektrody).

W celu uzyskania dużej sprawności pieca stosuje się przy znacznych zmianach regulowanej mocy łuku przejście na inny zaczep transformatora. Dla małych prądów łuku przechodzi się na niższe stopnie zaczepów transformatora.

Przy zmianie zaczepów transformatora piecowego jednocześnie wtrącone zostają zaczepy oporu dodatkowego R_1 w obwód pomiarowy napięcia łuku utrzymujące niezmienną napięcia wyprostowaną na oporniku R_u , które wraz z potencjometrem R_u mają na celu pokrycie pełnego zakresu regulowanego obciążenia elektrody.

Uzwojenie sterujące II amplitudyny przyłączone jest przez opór R_4 na zaciski amplitudyny i przedstawia uzwojenie ujemne-

go napięciowego sprzężenia zwrotnego. Przy stałym uzbudzeniu podstawowego uzwojenia sterującego przepływ prądu w uzwojeniu II skierowany jest przeciwnie do przepływu prądu w uzwojeniu I. Uzwojenie to ma na celu zmniejszenie napięcia szczytowego amplitudyny (przy zerowym prądzie w podstawowym uzwojeniu sterującym) poniżej napięcia określonego strefą nieczułości układu. Jednocześnie jednakże uzwojenie ujemnego napięciowego sprzężenia zwrotnego obniża prędkość działania układu regulacyjnego, ponieważ wypadkowy przepływ sterujący amplitudyny obniżony jest wskutek odmagnezującego wpływu uzwojenia II.

Przy stałym napięciu doprowadzonym do podstawowego uzwojenia sterującego U_{s1} (np. przy opuszczaniu elektrody z górnego położenia) wewnętrzne napięcie amplitudyny E_d w stanie ustalonym można wyrazić wzorem

$$E_d = U_d + I_d R_d = K_{u1} U_{s1} - K_{u2} U_d, \text{ skąd}$$

$$(2) \quad U_d = \frac{K_{u1}}{1 + K_{u2}} U_{s1} - I_d \frac{R_d}{1 + K_{u2}},$$

gdzie K_{u1} , K_{u2} — napięciowe wzmocnienie amplitudyny względem podstawowego uzwojenia sterującego i uzwojenia napięciowego sprzężenia zwrotnego z uwzględnieniem oporów dodatkowych w obwodzie uzwojenia sterującego,

E_d — wewnętrzne napięcie amplitudyny,

U_d — napięcie amplitudyny doprowadzone do silnika napędu windy elektrody,

I_d — prąd obciążenia amplitudyny,

R_d — opór wewnętrzny amplitudyny.

Jak wynika ze wzoru (2) napięcie na zaciskach amplitudyny jest obniżone $(1 + K_{u2})$ razy w porównaniu z napięciem amplitudyny bez napięciowego sprzężenia zwrotnego. Wskutek obniżenia napięcia zasilania silnika bocznikowego zmniejsza się prędkość obrotowa silnika i tym samym prędkość posuwu

elektrod. Współczynnik $\frac{K_{u1}}{1 + K_{u2}}$ bywa nazywany statycznym wypadkowym współczynnikiem wzmocnienia napięcia.

Uzwojenie sterujące II amplitudyny prócz napięciowego sprzężenia zwrotnego ma zadanie ograniczenia maksymalnej prędkości silnika windy elektrody. Układ mostkowy prostowników suchych P_3 tworzy układ porównujący napięcie wzorcowe U_w (stałe napięcie zasilania uzwojenia wzbudzenia silnika) z napięciem na zaciskach amplitudyny. W przypadku, kiedy napięcie amplitudyny jest większe od napięcia wzorcowego, układ prostowników P_3 przepuszcza prąd do uzwojenia II i zmniejsza wypadkowy przepływ sterujący amplitudyny.

Ustalane napięcie na zaciskach amplitudyny przy stałym prądzie podstawowego uzwojenia sterującego wyraża się w przypadku, kiedy czynny jest układ ograniczający, następującym wzorem:

$$E_d = U_d - I_d R_d = K_{u1} U_{s1} - K'_{u2} (U_d - U_w),$$

$$(3) \quad U_d = \frac{K_{u1}}{1 + K_{u2}} U_{s1} + U_w \frac{1}{1 + \frac{1}{K'_{u2}}}.$$

Ponieważ współczynnik wzmocnienia napięcia amplitudyny K'_{u2} jest znacznie większy od K_{u2} wskutek wyeliminowania oporu dodatkowego R_4 , napięcie U_d ustala się nawet przy wysokim napięciu sterującym U_{s1} praktycznie na wartości tylko niewiele wyższej od U_w .

Trzecie uzwojenie sterujące amplitudyny III zasilane jest z wtórnej strony transformatora stabilizacyjnego Tr_{st} i ma na celu zapewnienie stateczności układu w procesie regulacji. Pierwotna strona transformatora stabilizacyjnego przyłączona jest na zaciski amplitudyny przez opory dodatkowe R_5 . Przy pominięciu znikomych stałych czasowych strony pierwotnej transformatora można przyjąć, że napięcie uzwojenia sterującego III jest proporcjonalne do pochodnej napięcia amplitudyny

$$(4) \quad U_{s3} = -\tau \cdot \frac{dU_d}{dt}.$$

Współczynnik proporcjonalności τ można dobierać w szerokim zakresie przez zmianę oporu dodatkowego R_5 , przekładni transformatora (zaczepy) oraz wielkości szczeliny transformatora. Ujemny współczynnik proporcjonalności oznacza, że wtórną stronę transformatora stabilizacyjnego przyłączono

do uzwojenia sterującego III w ten sposób, by jej napięcie wpływało na zmniejszenie stromości narastania napięcia amplitudynowego po pojawieniu się napięcia na uzwojeniu sterującym. Tym samym uzwojenie to wpływa na powiększenie stateczności układu w stanie nieustalonym i zapobiega nadmieremu przeregulowaniu układu.

Opisaną wyżej układ regulacyjny winien zapewnić stateczną pracę pieca nawet w najniekorzystniejszych warunkach, utrzymywać stałą wartość mocy wydzielanej w łuku, a w przypadku zwarcia elektrody z wsadem szybko zapalać łuk oraz w razie gaśnięcia łuku doprowadzać do ponownego zapalania łuku elektrody.

Oprócz pracy pieca w układzie automatycznej regulacji możliwe jest ręczne sterowanie posuwu elektrod. Przy ręcznej regulacji podstawowe uzwojenie sterujące przełączane jest na obce źródło zasilania i odłączane przez wyłącznik K_1 od układu porównawczego. Na rys. 1 położenia styków walcowych odpowiadają pracy pieca przy automatycznej regulacji. Jednocześnie walcowy wyłącznik K_1 zawiera przekładnik prądowy elektrody, odłącza łuk od mostkowego układu prostowników P_1 oraz zwiera zaczepek oporu dodatkowego R_4 napięciowego sprzężenia zwrotnego, powodując zmniejszenie czułości układu przy ręcznej regulacji. (W przypadku niezmięnionej czułości układu trudno byłoby uniknąć przeregulowania przy ręcznej regulacji).

Regulację ręczną posuwu elektrod wszystkich trzech faz jednocześnie dokonuje się za pośrednictwem przełącznika K_2 . Tym przełącznikiem włącza się połówkę podstawowego uzwojenia sterującego amplitudynowego na pomocnicze źródło prądu stałego. Przełącznik K_3 służy do sterowania ręcznego indywidualnie jednej elektrody. Przełącznik indywidualnego ruchu elektrod ma pierwszeństwo, dzięki czemu przy jednoczesnym sterowaniu przełącznikiem K_2 i K_1 o ruchu elektrody decyduje położenie K_1 . Jeżeli przełącznik K_1 jest nastawiony na położenie regulacji automatycznej (jak na rys. 1), wówczas w chwili manipulowania przełącznikiem K_2 względnie K_3 uzwojenie sterujące zostaje wyłączone chwilowo z układu porównawczego i przerzucone na zasilanie z pomocniczego źródła prądu stałego. Kiedy zwolni się przełącznik K_2 lub K_3 samoczynna regulacja podejmowana jest samoczynnie.

Na rysunku widoczne jest zasilanie uzwojenia wzbudzenia silnika bocznikowego oraz obwodów ręcznej regulacji z dwu układów prostownikowych przyłączonych do transformatora pomocniczego.

3. Własności łuku.

Ponieważ napięcie wyjściowe pobierane z układu porównawczego zależy od charakterystyki łuku elektrycznego, należy w zarysie zaznaczyć się z własnościami fizycznymi łuku w czasie pracy pieca. Można rozróżnić trzy zasadnicze okresy pracy pieca łukowego w czasie wytopu.

a. **Początek topienia wsadu.** Łuk pali się w tym okresie bardzo nierównomiernie i ze znaczną szybkością zmienia miejsce na powierzchni wsadu w miarę gwałtownego topienia się miejscowych powierzchni wsadu i rozbrzygiwania stopionego metalu. Długości łuku są najmniejsze (rzędu 15 mm), czemu towarzyszą duże gradienty napięcia wzdłuż łuku. Krzywa napięcia łuku wykazuje załamania i znaczne deformacje, wynikające z nałożonych przebiegów wysokiej częstotliwości. W miarę roztapiania wsadu łuk elektryczny uspokaja się, krzywa napięcia łuku wykazuje bardziej ciągły przebieg, łuk wydłuża się, czemu towarzyszy zmniejszenie gradientu napięcia na łuku. Jeżeli wsad składa się w głównej mierze z nierównomiernych kawałków złomu, charakterystyczny jest końcowy etap pierwszego okresu pracy pieca, kiedy — wskutek wytopienia złomu mieszczącego się pod elektrodą — załamują się sąsiednie warstwy nie stopionego jeszcze złomu, które spychając się na elektrodę doprowadzają do zwarciaowych załamów napięcia łuku i silnych przebiegów.

b. **Okres topienia wsadu pokrytego warstwą płynnego metalu i żuźla.** Łuk wydłuża się i wykazuje coraz mniejszy gradient napięcia. Łuk pali się spokojniej dzięki zwiększonemu ciepłemu stałym czasowym łuku, który osłania się otuliną izolującego żuźla.

c. **Okres rafinacji metalu.** Łuk pali się w atmosferze grubej warstwy żuźla stanowiącej termiczną otulinę dla łuku. Napięcie łuku potrzebne dla utrzymania stałości łuku jest najmniejsze i wykazuje ciągły przebieg zbliżony do kształtu przebiegu napięcia. Warunki pracy łuku są w tym okresie najlepsze.

Dla wyjaśnienia przebiegu prądu i napięcia łuku należy wziąć za punkt wyjścia fizykę przewodzenia gazu zjonizowanego zawartego w słupie łuku między elektrodą a metalem. W wysokiej temperaturze łuku mamy do czynienia głównie z jonizacją termiczną gazu, składającego się z powietrza, tlenków i par metalu, oraz z emisją termiczną elektronów na powierzchni katody; zjawiska te zapewniają przewodność przestrzeni gazowej łuku. Pole elektryczne między wsadem a elektrodą, nadając ruch kierunkowy elektronom, zwiększa przez zderzenia z obojętnymi cząstkami gazu stan zjonizowania.

Spadek napięcia w łuku można podzielić na spadek katodowy i anodowy, umiejscowiony u nasady łuku i w zasadzie nie zależący od prądu łuku oraz spadek na długości łuku zależny zarówno od tej długości, jak i od napięcia jonizacji gazu. Wskutek silnej zależności długości łuku od wartości prądu — w związku z dynamicznym wpływem silnych pól magnetycznych, które wypychają łuk ku ścianom pieca — sumaryczne napięcie łuku nie jest wartością stałą i zależy od prądu elektrody. W miarę stapiania wsadu polepszają się warunki termiczne łuku przebiegającego w żuźlu piecowym, wskutek czego przy zwiększonej jonizacji termicznej i związanej z tym zwiększonej przewodności łuku zmniejsza się napięcie na łuku. Ponadto pojawiające się w atmosferze łuku tlenki wapnia o niskim napięciu jonizacji wpływają również na obniżkę napięcia łuku. W okresie rafinacji wpływa również uspokajająco na przebiegi prądu i napięcia bocznikowanie łuku przez przewodzący żużel stykający się współśrodkowo z elektrodą (łuk jest wypychany w stronę ścian pieca).

4. Analiza stanu nieustalonego układu regulacyjnego.

Dla ułatwienia przybliżonej analizy wprowadza się następujący szereg uproszczeń, których słuszność można potwierdzić oceną wyników badań oscylograficznych układów regulacyjnych:

1) pomija się stałe czasowe obwodów uzwojeń sterujących amplitudynowych, które z powodu udziału oporności dodatkowych są znacznie zmniejszone w odniesieniu do stałych czasowych uzwojeń sterujących bez oporów dodatkowych;

2) pomija się wpływ indukcyjności wzajemnych uzwojeń sterujących amplitudynowych wskutek znacznego udziału oporności dodatkowych w obwodach uzwojeń sterujących;

3) pomija się indukcyjność wewnętrzną obwodu głównego (twornik amplitudynowy, uzwojenie kompensacyjne, twornik silnika bocznikowego);

4) zakłada się liniowe związki między prądami sterującymi a napięciem wewnętrznym amplitudynowym w stanie ustalonym (nie uwzględnia się nasycenia);

5) pomija się obciążenie statyczne silnika spowodowane oporami tarcia i niedokładnym zrównoważeniem elektrody przeciwcieżarem (wskutek upalania się elektrody zmienia się w trakcie pracy zrównoważenie elektrod);

6) pomija się wpływ nieliniowego oporu w obwodzie podstawowego uzwojenia sterującego spowodowany prostownikiem P_4 ;

7) przyjmuje się w pierwszym przybliżeniu liniową zależność napięcia podstawowego uzwojenia sterującego od wychylenia elektrody Z z położenia ustalonej pracy łuku:

$$U_{s1} = A(Z - Z_0).$$

Założenie to jest bliskie rzeczywistości ze względu na niewielką zmienność napięcia łuku ze zmianą prądu w elektrodzie oraz na proporcjonalny do prądu łuku spadek napięcia na oporze R_1 układu porównawczego. Jednakże w trakcie przechodzenia przez wyszczególnione w rozdz. 3 okresy topienia i rafinacji wsadu zmienia się w bardzo szerokich granicach (blisko 10-krotnie) wartość A . Wartość współczynnika A oraz Z_0 jest regulowana potencjometrem R_u układu porównawczego; w analizie przyjmuje się stałe nastawienie suwaka na oporze R_u .

Przy poczynionych wyżej założeniach można scharakteryzować badany układ regulacyjny układem równań różniczkowych wiążących poszczególne parametry:

a) amplitudynowy.

$$(5a) \quad E_d + \frac{dE_d}{dt} T_q = K_{u1} U_{s1} + K_{u2} U_{s2} + K_{u3} U_{s3} + I_d S_d,$$

$$(5b) \quad U_{s1} = A(Z - Z_0),$$

$$(5c) \quad U_{s2} = U_d = E_d - I_d R_d,$$

$$(5d) \quad U_{s3} = \tau \cdot \frac{dU_d}{dt};$$

Elementy oporowe figurujące w schemacie strukturalnym przedstawiają elementy bezinercyjne. Biorąc pod uwagę, że wypadkowa funkcja oper. przejścia dwu elementów łączonych podobnie w kierunku zaznaczonym strzałką jest iloczynem składowych funkcji przejścia oraz, że w oznaczonych kółkach węzłach układu regulacyjnego następuje sumowanie wielkości wyjściowych, względnie wejściowych, otrzymuje się dla zerowych warunków początkowych związek zachodzący dla wielkości regulowanej $Z(p)$ wyrażający się równaniem

$$Z(p) W_3(p) = A K_{u1} Z_0 \frac{\gamma}{C_s},$$

gdzie $W_3(p)$ przedstawia wielomian zawarty w nawiasach w lewej stronie równania (7).

Wartość Z_0 można uważać jako wartość porównawczą elementu pomiarowego. Układ przedstawiony na schemacie strukturalnym (rys. 3) stanowi układ tak zwanej regulacji astatycznej, który przy zachowaniu warunków stateczności sprowadza układ do ustalonej wartości wielkości wyjściowej równej wartości porównawczej

$$Z_{ust} = Z_0,$$

co wynika bezpośrednio z równania (8) przy przejściu do granicy z parametrem $p \rightarrow 0$).

W skład astatycznego układu regulacyjnego wchodzi zawsze element całkowy (o funkcji przejścia $1/p$) figurujący w strukturalnym schemacie na rys. 3. Warunek stateczności układu określają nierówności Routha-Hurwitza, które pozwalają ocenić pracę układu bez konieczności rozwiązania postaci czasowej przebiegów

$$(9) \quad \begin{vmatrix} a_1 & a_3 \\ a_0 & a_2 \end{vmatrix} > 0 \text{ oraz } a_1 > 0, a_3 > 0, a_0 > 0,$$

gdzie a_0, a_1, a_2, a_3 oznaczają współczynniki wielomianu charakterystycznego $W_3(p) = a_0 p^3 + a_1 p^2 + a_2 p + a_3$.

Podstawiając odnośne współczynniki z prawej strony równania (7) otrzymuje się przy dodatkowym założeniu pominięcia oporu wewnętrznego twornika silnika R_s w porównaniu z całkowitym oporem obwodu głównego ($R_d + R_s \gg R_s$)

$$(10) \quad \left(T_c T_q - \frac{T_c}{R} S_d + \tau K_{u3} \right) \frac{1 + K_{u2}}{K_{u1}} \frac{C_s}{T_q T_c \gamma} > A.$$

Z nierówności (10) wynika od razu korzystny wpływ stabilizacji układu (τK_{u3}) oraz jednocześnie niekorzystny wpływ stanu przekompensowania amplitudyny oraz statycznego wypadkowego napięciowego wzmocnienia $\frac{K_{u1}}{1 + K_{u2}}$ (por.

wzór 2) na stateczność układu regulacyjnego. Jednocześnie widoczny jest silny wpływ charakteru łuku na stateczność układu. Dla pierwszego okresu topienia, dla którego wartość współczynnika A jest maksymalna, warunki są najbardziej niekorzystne i w zasadzie dla tego okresu topienia dobiera się wielkość napięciowego sprzężenia zwrotnego oraz stabilizację.

W przypadku rozpatrywanego układu regulacji prócz zachowania warunków stateczności pożądanym jest, żeby układ dochodził do ustalonego stanu równowagi w sposób aperiodyczny, względnie co najmniej monotoniczny bez przeregulowania.

Konieczne warunki aperiodycznej stateczności układu regulacyjnego, opisanego wielomianem charakterystycznym (7) o dodatnich współczynnikach, określają nierówności Eulera

$$(11a) \quad \dot{a}_1 \geq 3 a_0 a_2,$$

$$(12a) \quad a_2^2 \geq 3 a_1 a_3.$$

Podstawiając odnośne współczynniki wielomianu charakterystycznego otrzymuje się

$$(11b) \quad \left(T_c + T_q + \tau K_{u3} - T_c \frac{S_d}{R} \right)^2 \frac{1}{T_q T_c (1 + K_{u2})} \geq 3,$$

$$(12b) \quad \left(T_c + T_q + \tau K_{u3} - T_c \frac{S_d}{R} \right) \frac{K_{u1}}{1 + K_{u2}} \leq (1 + K_{u2}) \frac{C_s}{3A}.$$

4) Przejście do granicy $p = 0$ funkcji $Z(p)$ odpowiada dla funkcji czasowej $Z(t)$ przejściu do granicy $t \rightarrow \infty$. Jest to słuszne jedynie w przypadku, gdy układ dochodzi do stanu ustalonego; posłużenie się tym związkiem musi być poprzedzone zatem analizą warunków stateczności układu.

Dzieląc stronami nierówności (11b) i (12b) otrzymuje się konieczny (aczkolwiek niedostateczny) warunek aperiodyczności:

$$(13) \quad \left(T_c T_q - \frac{T_c}{R} S_d + \tau K_{u3} \frac{1 + K_{u2}}{K_{u1}} \frac{C_s}{T_q T_c} \right) > 9A.$$

Porównując (10) i (13) widzimy, że warunek aperiodycznej stateczności jest warunkiem ostrzejszym od warunku stateczności oraz, że jeśli warunek stateczności spełniony jest ze znacznym zapasem, można spodziewać się przebiegów aperiodycznych.

Powyższe nierówności Eulera przedstawiają jedynie warunki konieczne, lecz nie dostateczne stateczności aperiodycznej. Warunek konieczny i dostateczny układu 3 stopnia określa nierówność Wyszniegradzkiego:

$$4 \left[a_2^3 + \frac{a_3 a_1^3}{a_0} \right] - \frac{a_1^2 a_2^2}{a_0} - 18 a_1 a_2 a_3 + 27 a_3 a_0 > 0.$$

Ponieważ w praktyce bardzo żmudnie operuje się nierównością Wyszniegradzkiego (dla układów wyższych stopni warunki konieczne i dostateczne stateczności aperiodycznej są jeszcze bardziej skomplikowane), bada się często układy regulacji ze względu na dobór parametrów na podstawie nierówności Eulera, mając na uwadze pozostawienie zapasu w możliwościach nastawień układu w kierunku majoryzowania nierówności Eulera. Po dokonaniu doboru parametrów na podstawie dokonanej analizy sprawdza się już dla konkretnych wartości współczynników wielomianu charakterystycznego, wynikających z dokonanego doboru parametrów układu, czy warunek Wyszniegradzkiego jest spełniony.

Analizując wpływ napięciowego sprzężenia zwrotnego na zachowanie warunków aperiodyczności, widzimy, że w nierównościach (11b) i (12b) jest on przeciwny. Praktycznie jednak zwykle nierówność (11b) ogranicza dopuszczalną wartość ujemnego napięciowego sprzężenia zwrotnego (K_{u2}), którą dobiera się dla obniżenia napięcia szczytkowego amplitudyny. Tym samym przy ograniczonej z góry wartości K_{u2} spełnienie warunków przebiegów aperiodycznych uzależnione jest w głównej mierze od charakterystyki łuku A (12b). W praktyce często warunek aperiodyczności zachowany jest dla mniejszych wartości A (w późniejszych okresach topienia wsadu), gdy na początku topienia przy dużych wartościach A zachowany jest jedynie warunek stateczności.

Z nierówności (11b) widoczny jest niekorzystny wpływ przekompensowania amplitudyny oraz ujemnego napięciowego sprzężenia zwrotnego na zachowanie przebiegów aperiodycznych układu regulacyjnego. Ponieważ ujemne napięciowe sprzężenie zwrotne wywiera zwykle raczej niepożądany wpływ na charakterystyki stanu nieustalonego, celowe jest zmniejszenie sprzężenia do wartości koniecznej ze względu na obniżenie napięcia szczytkowego amplitudyny. Stosując inne sposoby zmniejszenia magnetyzmu szczytkowego za pomocą uzwojenia przaimagnesowującego, zasilanego prądem zmiennym o częstotliwości sieci, można znacznie obniżyć wartość napięciowego sprzężenia zwrotnego K_{u2} .

Dla określenia predkości działania układu regulacyjnego rozpatrzmy przypadek załączenia wyłącznika automatycznej regulacji K_1 w chwili zwarcia elektrody z wsadem ($z = 0$). Zakłada się, że układ spełnia warunki aperiodycznej stateczności. Zastępczą stałą czasową monotonicznego przebiegu funkcji wyjściowej $Z(t)$ układu regulacyjnego można wyznaczyć z operatorowej postaci funkcji wyjściowej $z(p)$:

$$(14) \quad T_z = \int_0^\infty \frac{Z(\infty) - Z(t)}{Z(\infty) - Z(0)} dt = \lim_{R \rightarrow \infty} \frac{1}{R} \frac{z(0) - z(p)}{z(0) - z(\infty)},$$

gdzie

$$Z(t) \triangleq z(p).$$

Jak zaznaczono na rys. 4, fizyczny sens zastępczej stałej czasowej odpowiada zastąpieniu przebiegu zwykłą funkcją wykładniczą o tej samej powierzchni, zawartej między krzywą przebiegu czasowego $Z(t)$ wielkości wyjściowej a prostą wartości ustalonej Z_0 .

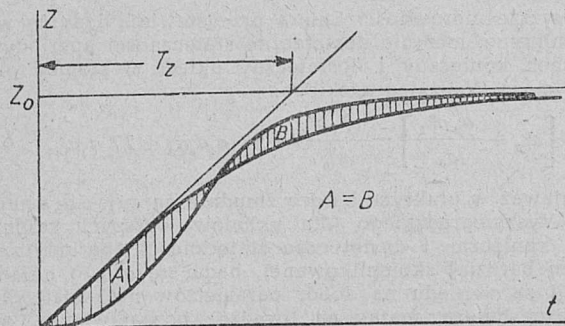
W wypadku ogólnym, gdy operatorowa funkcja wyjściowa $z(p)$ wyraża się w postaci ułamkowej

$$z(p) = \frac{b_0 p^n + b_1 p^{n-1} + \dots + b_{n-1} p + b_n}{a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + \dots + a_{n-1} p + a_n}.$$

Zastępcza stała czasowa wynosi

$$T_z = \frac{\frac{a_{n-1}}{d_n} - \frac{a_{n-1}}{b_o}}{1 - \frac{b_o}{b_n} \cdot \frac{a_n}{a_o}}$$

Można wykazać [6], że przy zerowych warunkach początkowych aperiodyczny układ regulacyjny jest jednocześnie zawsze monotoniczny. Przyjmując dla założonego przypadku



Rys. 4. Interpretacja wykreślna zastępczej stałej czasowej

zerowe warunki początkowe $E_{d0} = 0$, $n_0 = 0$, otrzymuje się po podstawieniu odpowiednich współczynników z równania (7) zastępczą stałą czasową

$$(15) \quad T_z = \frac{a_{n-1}}{a_n} = \frac{1 + K_{u2}}{K_{u1}} \frac{C_s}{A \gamma}$$

Jak wynika ze wzoru (15), prędkość regulacji układu, którą można określić odwrotnością stałej czasowej, zależy proporcjonalnie od statycznego współczynnika wzmocnienia amplitudyn $\frac{K_{u1}}{1 + K_{u2}}$ oraz od charakterystyki łuku (A). Dla dużych wartości A na początku topienia szybkość jest maksymalna. W miarę malenia wartości A maleje bardzo silnie prędkość regulacji, która w okresie rafinacji może okazać się zbyt mała. Zbyttno zmniejszona prędkość regulacji w końcowych okresach wytopu stanowi niepożądaną cechę opisanego układu regulacji.

W przypadku, gdy układ nie spełnia warunków przebiegów aperiodycznych Eulera (często zachodzą trudności dobrania odpowiednich wartości elementów składowych układu regulacyjnego), można posłużyć się do oceny jakości i prędkości regulacji analizą parametrów rozmieszczenia pierwiastków wielomianu charakterystycznego $W_3(p)$, wyjaśnioną w innej pracy autora (6).

5. Porównanie z innymi sposobami rozwiązania regulacji pieca łukowego.

Prócz opisanych wyżej nowoczesnych amplitudynowych regulatorów posuwu elektrod pieców łukowych spotyka się w przemyśle znaczną ilość innych rozwiązań regulacji, które w zależności od wielkości regulowanej można na ogół podzielić na trzy grupy: regulatory oporności łuku mające układy porównawcze napięcia i prądu łuku, regulatory prądu łuku i regulatory napięcia łuku.

Pod względem konstrukcji elementu pomiarowego w strukturalnym schemacie układu regulacji oraz elementu wzmacniającego można podzielić spotykane układy regulacyjne (poza opisanym układem amplitudynowym) na trzy kategorie: a) układy przekąźnikowo-stycznikowe (przełącznik jest elementem pomiarowym, który uruchamia styczniki zasilania silnika windy elektrod), b) układy przekąźnikowo-maszynowe (przełącznik steruje wzbudzenie prądnicy głównej względnie prądnicy dodatkowej zasilającej silnik), c) układy hydrauliczne, w których elementem wzmacniającym oraz wykonawczym (napęd elektrody) stanowią urządzenia hydrauliczne.

Powyższe układy regulacyjne można najwłaściwiej porównać ze sobą z punktu widzenia następujących podstawowych wymagań, stawianych ogólnie takim rozwiązaniom regulacji:

1) Regulacja winna wykazywać przebiegi aperiodyczne względnie co najmniej silnie tłumione przebiegi oscylacyjne (na ogół dopuszcza się jedną lub dwie oscylacje przed ustaleniem prądu łuku). Przebiegi takie winny być zapewnione

w zasadzie nawet w najgorszych warunkach pracy na początku topienia wsadu.

2) Układ winien zapewnić możliwość płynnej regulacji w całym zakresie pracy pieca.

3) Konieczny jest prosty sposób przejścia na ręczną regulację i odwrotnie, przy czym pożądana jest możliwość sterowania jednocześnie wszystkich 3 elektrod oraz sterowania oddzielnie każdej elektrody pieca łukowego.

4) Układ regulacji winien ograniczyć maksymalną szybkość posuwu elektrod poniżej granicy dopuszczalnej, która w zależności od wykonania pieców wynosi od 0,5 do 2,0 m/min.

5) Konieczna jest możliwie mała prądowa strefa nieczułości układu regulacyjnego δ , którą ogólnie dla wszystkich rozwiązań regulacji posuwu elektrod definiuje się jako wielkość koniecznej minimalnej zmiany prądu elektrody od wartości znamionowej dla spowodowania ruchu elektrody w górę i w dół przy stałej znamionowej wartości napięcia łuku:

$$\delta = 2 \frac{I_{lg} - I_{ld}}{I_{lg} + I_{ld}}$$

gdzie I_{ld} , I_{lg} — prąd łuku, przy którym elektroda opuszcza się podnosi się z położenia odpowiadającego pracy znamionowej.

Pomiaru prądowej strefy nieczułości dokonuje się zwykle z pomocniczego źródła zasilania. Prądowa strefa nieczułości wynosi przeciętnie 0,03 ... 0,05. Układy regulacyjne zawierające element porównawczy napięcia i prądu łuku wykazują w czasie pracy mniejsze wartości wypadkowej strefy nieczułości układu, ponieważ przy zmianach prądu elektrody występują równocześnie zmiany napięcia łuku, które wpływają na wielkość wyjściową elementu porównawczego. Praktyczna strefa nieczułości jest wówczas zwykle około 20% mniejsza od zmierzonej prądowej strefy nieczułości przy przyjęci wartości napięcia łuku. W układach, złożonych z zespołu Leonarda prądnica-silnik do napędu windy elektrod, wprowadza się dla określenia maksymalnego dopuszczalnego napięcia szczytkowego prądnicy pojęcie strefy nieczułości prądnicy, jako sumy minimalnego napięcia wzbudzenia dla porównania elektrod w górę i w dół.

Na podstawie doświadczeń eksploatacyjnych z różnymi typami pieców łukowych pracujących na terenie huty, gdzie przeprowadzono badania amplitudynowego układu regulacyjnego, można stwierdzić najpoważniejszą pracę nowoczesnego układu amplitudynowej regulacji, którą — poza najlepszym technologicznym wyzyskaniem mocy pieca — cechuje wielka prostota obsługi i konserwacji.

Dla polepszenia własności automatycznej regulacji elektrod w czasie najtrudniejszych warunków pracy na początku topienia wsadu zastosowano w Związku Radzieckim amplitudynowy układ regulacji, który jest podobny do opisanego w niniejszym artykule, w którym jednak element sterujący o funkcji przejścia A (w strukturalnym schemacie regulacji uzupełniono członem różniczkującym tak, że jego wypadkowa funkcja przejścia przyjmuje postać $A(1 + bp)$). Taki człon różniczkujący łatwo zrealizować przy pomocy transformatora stabilizacyjnego, którego dwa uzwojenia strony pierwotnej połączone są w szereg z oporem R_i oraz R_u układu porównawczego, a strona wtórna w szereg z napięciem zbieranym zacisków $a - b$ układu porównawczego. Rys. 5 przedstawia ideowo taki układ połączeń układu porównawczego.

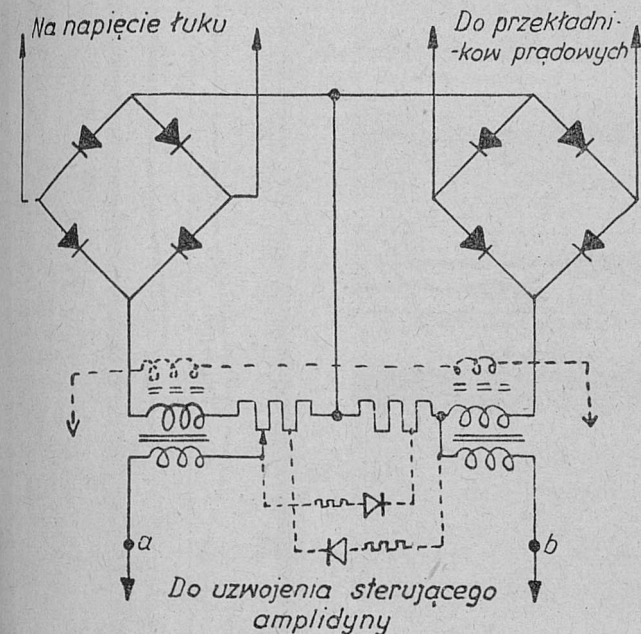
Wielomian charakterystyczny takiego układu regulacyjnego zmienia się — w porównaniu z równaniem (7) — o współczynnik przy pierwszej potędze parametru p , który wpływa silnie na warunki stateczności, aperiodyczności i stałą czasową układu. Zaletą tego zmodyfikowanego układu jest to, że dochodzący człon przy pierwszej potędze p jest proporcjonalny do współczynnika A, reprezentującego własności łuku, który rośnie znacznie (blisko 10-krotnie) w pierwszym okresie topienia wsadu w porównaniu z warunkami w okresie rafinacji wsadu. Układ taki samoczynnie powiększa zapas stateczności przy gorszych warunkach pracy.

Współczynnik K_{u2} figurujący w nierówności (12b) zwiększa się dla tego układu o wartość $\frac{A K_{u1} \gamma}{C_s}$ b, co ułatwia

chowanie warunków aperiodyczności nawet przy znacznych wartościach współczynnika A na początku topienia wsadu. Dzięki małym wartościom ujemnego napięciowego sprzężenia zwrotnego K_{u2} w równaniu (11b), dobranej wyłącznie dla zmniejszenia napięcia szczytkowego amplitudyn, warunek aperiodyczności może być praktycznie zawsze spełniony. Zastępcza stała czasowa układu wykazuje — dzięki wprowadzeniu dodatkowego członu różniczkującego — znacznie zmniejszenie

szą zależność od charakterystyki łuku aniżeli w układzie przedstawionym na rys. 1.

Dla zmniejszenia prądowej strefy nieczułości układu zastosowano w zmodyfikowanym schemacie większy współczynnik wzmocnienia (przez użycie mniejszych oporów dodatkowych w obwodzie podstawowego uzwojenia sterującego), a dla zapewnienia pracy statecznej po ruszeniu silnika napędu elektrody (m. in. po pokonaniu statycznych oporów tarcia) przy ruchu elektrody zmniejsza się współczynnik wzmocnienia dzięki wprowadzaniu elementów prostowniczych, boczniujących układ porównawczy po przekroczeniu nastawionej wartości napięcia układu porównawczego (na rys. 5 za-



Rys. 5. Zmodyfikowany układ porównawczy układu regulacyjnego pieca łukowego

znaczono linią przerywaną wspomniany układ prostowników blokujących). Ponadto przy wprowadzeniu elementu różnicującego w obwodzie podstawowego uzwojenia sterującego można wykorzystać ten układ jednocześnie jako transformator stabilizujący, podając na dodatkowe uzwojenie transformatora napięcie wyjściowe amplitudyny. W podstawowym uzwojeniu sterującym indukują się wówczas prądy proporcjonalne do pochodnej napięcia amplitudyny, nakładające się na prądy sterowania. Tym samym zmniejsza się konieczna liczba uzwojeń sterujących amplitudyny. Na rys. 5 zaznaczono linią przerywaną wspomniany układ suchych prostowników blokujących oraz dodatkowe uzwojenie transformatora stabilizującego.

Kompensacji niezerównoważenia ciężaru upalającej się elektrody i przeciwcieżaru dokonuje się w zmodyfikowanym układzie — w obwodzie napięciowego sprzężenia zwrotnego — przy pomocy prostownika suchego, boczniującego części oporów dodatkowych w obwodzie uzwojenia II przy napięciu amplitudyny odpowiadającym ruchowi elektrod w dół.

Obecnie mamy już w kraju powyższe układy regulacyjne pieców łukowych z dostaw Związku Radzieckiego, wykazujące bardzo dobre własności eksploatacyjne.

6. Pomiary krajowego prototypu amplitudyny przy pracy w układzie regulacyjnym pieca łukowego.

Prototyp amplitudyny polskiej wmontowano w hucie zamiast amplitudyny oryginalnej. Amplitudyna polska zasilala silnik napędzający jedną z wind elektrod pieca łukowego, silniki sąsiednich dwóch elektrod zasilano amplitudynami oryginalnymi w niezmiennym układzie regulacyjnym. Układ regulacyjny przyłączony do amplitudyny polskiej dostosowano na miejscu pracy do nieco odmiennych charakterystyk amplitudyny. Dla porównania działania regulacji z amplitudyną oryginalną i z amplitudyną polską wykonano pomiary oscylograficzne układu regulacyjnego dwóch różnych elektrod. Rys. 6 przedstawia wycinek oscylogramu pracy, przy czym poszczególne przebiegi na oscylogramie oznaczają licząc od góry: 1) prąd łuku elektrody sterowanej amplitudyną polską I_{luk2} , 2) napięcie wyjściowe amplitudyny (napięcie zasilania silnika U_{ampl} ,

3) prąd silnika (prąd wyjściowy amplitudyny) I_{ampl} , 4) napięcie sterowania mierzone między punktami a i b układu porównawczego napięcia i prądu łuku U_{st} , 5) prąd łuku sąsiedniej elektrody sterowanej amplitudyną oryginalną I_{luk1} . Wskaźnik 1 dotyczy elektrody porównywanej z analizowanymi przebiegami elektrody oznaczonej wskaźnikiem 2.

Przy pomocy ręcznej regulacji posuwu elektrod (wyłącznik K_2) doprowadzono do zwarcia elektrod z wsadem (początek oscylogramu), po czym przełączono na automatyczną regulację posuwu elektrod. Obniżenie napięcia amplitudyny dokonuje się przy pomocy regulacji automatycznej. Wskutek zrewersowania prądu amplitudyny silnik jest hamowany intensywnie, elektroda zwalnia posuw w kierunku wsadu, po czym utrzymuje stałość średniej amplitudy prądu łuku. Z oscylogramu widoczny jest analogiczny przebieg regulowanego prądu łuku, sterowanego amplitudyną polską i oryginalną.

Rys. 7 przedstawia oscylogram pracy amplitudyny oryginalnej w układzie regulacyjnym w niekorzystnych warunkach pracy (świeży złom w piecu). Poszczególne przebiegi na oscylogramie przedstawiają kolejno, licząc od góry: 1) prąd łuku I_{luk2} , 2) napięcie amplitudyny (napięcie silnika) U_{ampl} , 3) prąd wyjściowy amplitudyny (napięcie silnika) I_{ampl} , 4) napięcie sterowania, mierzone między punktami a i b układu porównawczego napięcia i prądu łuku U_{st} , 5) napięcie fazowe łuku $U_{luk\alpha}$.

Wskutek świeżego złomu w piecu występują częste przetężenia przy chwilowych zwarcia elektrody z wsadem. Automatyczna regulacja posuwu elektrod zapewnia szybkie zmniejszenie przetężeń, utrzymując stałą średnią amplitudę prądu łuku.

Rys. 8 przedstawia oscylogram pracy amplitudyny oryginalnej w czasie procesu rafinacji (spokojne palenie łuku). Za pomocą ręcznej regulacji zbliżono elektrodę do wsadu, pozostawiając automatycznej regulacji sprowadzenie elektrody do położenia odpowiadającego nastawieniu prądu łuku.

Rys. 9 przedstawia oscylogram pracy tej samej elektrody przy zasilaniu silnika windy amplitudyną polską w analogicznych warunkach spokojnej pracy (proces rafinacji). Dla porównania z pracą sąsiedniej elektrody zdjęto przebieg prądu łuku elektrody sterowanej amplitudyną oryginalną. Jak wynika z oscylogramów, praca amplitudyny polskiej jest w zasadzie poprawna. Charakterystyki wyjściowe regulacji są zbliżone do charakterystyki oryginalnych.

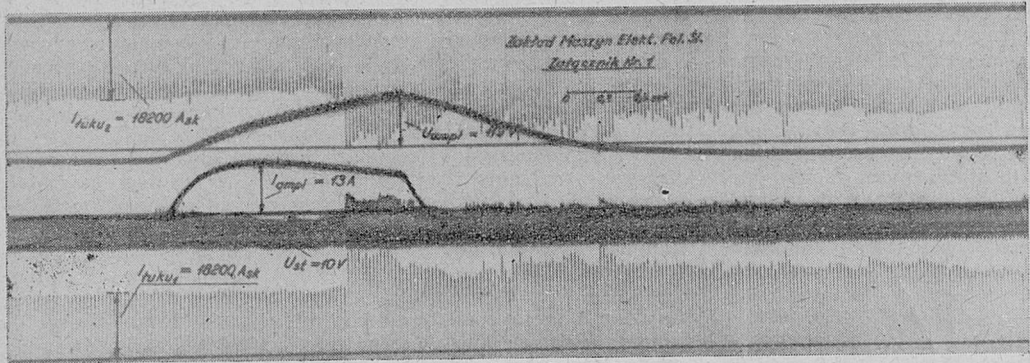
Na rys. 10 przedstawiono typowy oscylogram pracy układu regulacyjnego przed zapaleniem łuku elektrody. Uprzednio wysunięto elektrodę z wsadu aż do przerwania łuku. Piec pracuje w końcowym okresie rafinacji wsadu. Po włączeniu automatycznej regulacji amplitudyna wzbudza się pod wpływem napięcia łuku równego napięciu wtórnej strony transformatora na biegu jałowym do wartości ustalonej i powoduje opuszczanie elektrod. Z chwilą powstania prądu elektrody zwiększa się czułość układu regulacyjnego dzięki otwarciu stycznika $I >$ pobudzonego prądem elektrody, wskutek czego amplitudyna zwiększa prędkość posuwu elektrody i prędkość regulacji. Charakterystyczne jest, że prąd elektrody narasta wsadu z powodu rozpoczęcia przewodzenia żużla piecowego i pary metalu przed stykiem elektrody z wsadem.

Dla wyznaczenia prądu łuku w funkcji napięcia łuku w okresie rafinacji, dla którego szczególnie silny jest wpływ przewodności żużla, przeprowadzono pomiar oscylograficzny (rys. 11) przebiegów prądu i napięcia amplitudyny oraz prądu i napięcia łuku po doprowadzeniu na uzwojenie sterujące amplitudyny stałego napięcia, wzbudzającego amplitudynę w kierunku podnoszenia elektrod. Jak na poprzednim oscylogramie widoczne jest spokojne malenie prądu elektrody w miarę wydłużania łuku. Napięcie łuku wykazuje procentowo o wiele większą zmienność amplitudy w funkcji wydłużenia łuku aniżeli prąd elektrody.

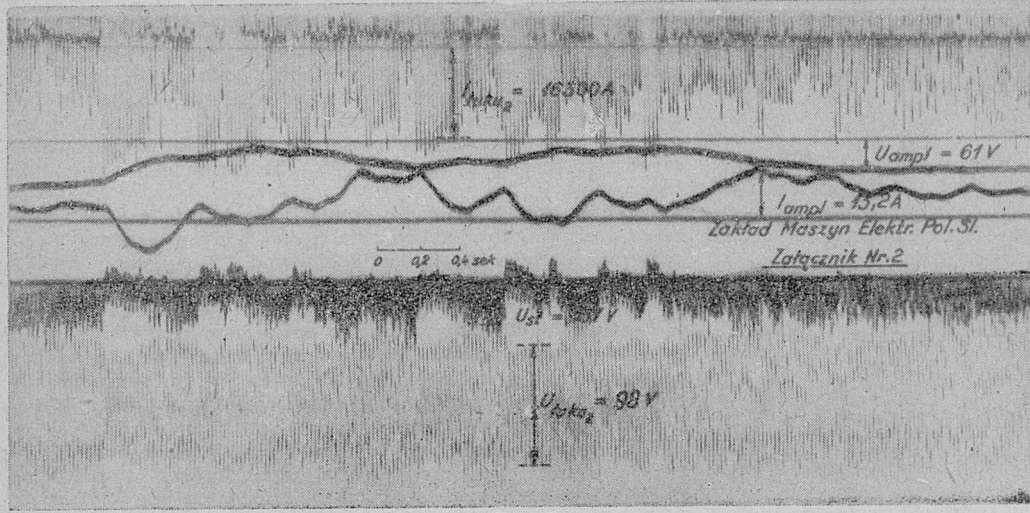
Dla wyznaczenia dopuszczalnej wartości napięcia remanentu amplitudyny i tym samym wielkości koniecznego napięciowego ujemnego sprzężenia zwrotnego zmierzono strefę nieczułości amplitudyny. Strefę tę wyznacza maksymalne napięcie amplitudyny, przy którym silnik zasilany z amplitudyny rozwija moment mniejszy od momentu oporu. Dla jednego kierunku posuwu elektrod to minimalne napięcie amplitudyny wyniosło +7 V, dla drugiego kierunku wyniosło -5 V; różnica tych dwóch napięć wyznacza strefę nieczułości, wynoszącą 12 V.

7. Wnioski.

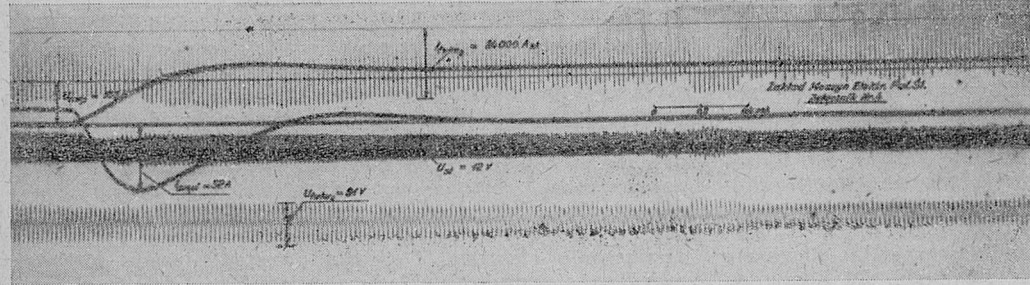
Pomiary prototypu amplitudyny dokonane w Laboratorium Zakładu Maszyn Politechniki Śląskiej oraz pomiary na miej-



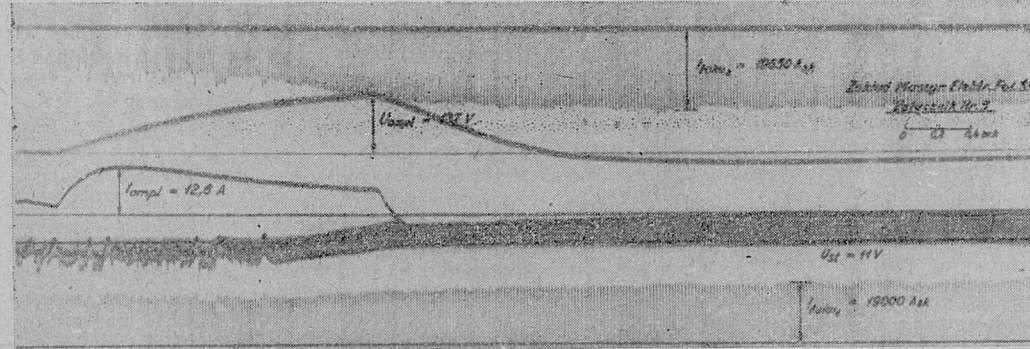
Rys. 6



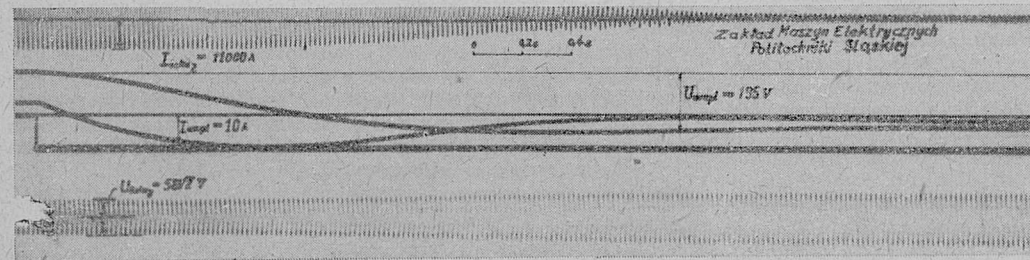
Rys. 7



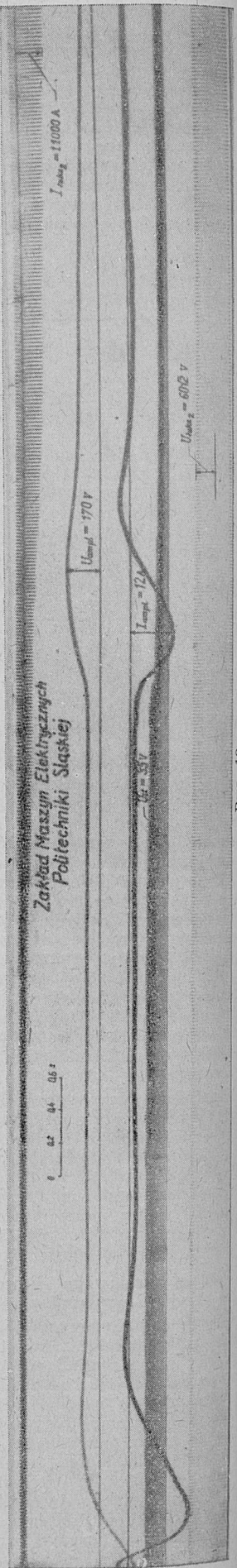
Rys. 8



Rys. 9



Rys. 11



Rys. 10

Podpisy do rysunków 6, 7, 8, 9, 10, 11

Rys. 6. Praca amplidyny krajowej produkcji w układzie regulacyjnym pieca łukowego

I_{luk2} — prąd łuku elektrody sterowanej amplidyną polską
 U_{ampl} — napięcie amplidyny
 I_{ampl} — prąd obciążenia amplidyny
 U_{st} — napięcie sterowania
 I_{luk1} — prąd łuku sąsiedniej elektrody sterowanej amplidyną oryginalną

Rys. 7. Praca amplidyny oryginalnej w układzie regulacyjnym pieca łukowego w niekorzystnych warunkach pracy (świeży złom w piecu)

I_{luk2} — prąd łuku
 U_{ampl} — napięcie amplidyny
 I_{ampl} — prąd obciążenia amplidyny
 U_{st} — napięcie sterowania
 U_{luk2} — napięcie fazowe łuku

Rys. 8. Praca amplidyny oryginalnej w układzie regulacyjnym pieca łukowego w czasie procesu rafinacji

Oznaczenia jak na rys. 7

Rys. 9. Praca amplidyny krajowej produkcji w układzie regulacyjnym pieca łukowego w czasie procesu rafinacji

Oznaczenia jak na rys. 6

Rys. 10. Praca układu regulacyjnego posuwu elektrod pieca łukowego przy zapalaniu łuku (okres rafinacji wsadu)

Oznaczenia jak na rys. 7

Rys. 11. Wygaszenie łuku przy podnoszeniu elektrod pieca łukowego

Oznaczenia jak na rys. 7

scu pracy w układzie regulacyjnym wykazały przydatność amplidyny produkcji krajowej do sterowania pieca łukowego — po uprzednim dokonaniu wskazanych zmian konstruk-

cyjnych. Charakterystyki amplidyny wykazują w zasadzie podobne przebiegi, jak dla amplidyny oryginalnej, ale stałe czasowe określające szybkość regulacji są jednak nieco większe. Można je zmniejszyć kosztem współczynnika wzmocnienia amplidyny.

Dopasowanie charakterystyk amplidyny do układu regulacyjnego wymaga każdorazowo dodatkowych pomiarów na miejscu zainstalowania. Ze względu na przerywany charakter pracy amplidyny w badanym układzie regulacyjnym (amplidyna pracuje w zasadzie jedynie w stanie niestabilnym) można oszacować w przybliżeniu — na podstawie dokonanych prób w laboratorium — graniczną moc silnika napędzanego na ok. 3 kW. Maksymalne obciążenie określone jest dopuszczalnym iskrzeniem komutatora, a maksymalny prąd w stanie niestabilnym pracy silnika zasilanego z amplidyny zależy od szybkości narastania napięcia amplidyny (zatem od stałych czasowych wzmacniacza) i od bezwładności układu elektromechanicznego silnika (elektromechaniczna stała czasowa T_e), mniej zaś od mocy silnika.

Obowiązkiem autora jest podkreślić na tym miejscu udział w pomiarach układu regulacyjnego pieca łukowego magistrów inżynierów: T. Doffka i J. Mostowskiego ze strony Biprohutu oraz J. Cubera i J. Kubka ze strony Zakładu Maszyn Elektrycznych.

LITERATURA

[1] J e f r o j m o w i c z J. E. Moszczna duga piermiennowo toka staleplawilnych pieczy (Elektriczestwo, 1954, 3)

[2] J e f r o j m o w i c z J. E. Awtomatyczeskoe riegulirovanie dugowych mietałhurgicheskich pieczy (Moskwa, Mietałhurgizdat, 1951)

[3] Z a s ł a w s k a N. J. Riegulator dugowej pieczy so stabilizaczey po proizwodnoj

[4] P a s z e k W. Układ Leonarda sterowany za pomocą amplidyny (Przegl. Elektr., 1955, 1)

[5] P a s z e k W. Amplidynowe sterowanie nowoczesnego zespolu Leonarda (Zesz. Nauk. Pol. Sl. — Elektryka, 1954, nr 2)

[6] P a s z e k W. Analiza stanów niestabilnych amplidyny (Zesz. Nauk. Pol. Sl. — Elektryka, 1954, 4)

[7] P a s z e k W. Projektowanie wzmacniaczy maszynowych z polem poprzecznym (referat na sesję naukową Polit. Śląskiej, 1955).

MGR INŻ. JERZY KOLENDOWSKI

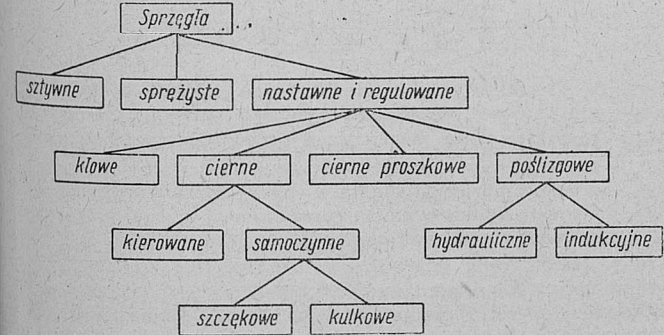
Sprzęgło jako element napędu elektrycznego

621.313.1:621.82/.85

Treść. Klasyfikacja sprzęgieł. Opis i zasada działania sprzęgieł: hydraulicznego, indukcyjnego, proszkowego. Porównanie zalet poszczególnych typów sprzęgieł.

Wśród nowych rozwiązań napędu elektrycznego poświęca się coraz więcej uwagi sprzęgom poślizgowym — hydraulicznym i indukcyjnym oraz sprzęgom ciernym proszkowym. Zależnie od rodzaju silnika i maszyny napędzanej sprzęgła te ułatwiają rozruch, umożliwiają regulację prędkości lub stanowią zabezpieczenie przed przekroczeniem dopuszczalnej wartości momentu mechanicznego przenoszonego z wału silnika na wał mechanizmu roboczego. Dzięki temu tani i prosty w obsłudze silnik asynchroniczny klatkowy w połączeniu ze sprzęgłem może zastąpić silnik asynchroniczny pierścieniowy lub układ Leonarda. Zamiast silnika asynchronicznego klatkowego może być również stosowany do napędu silnik synchroniczny z tego rodzaju sprzęgłem.

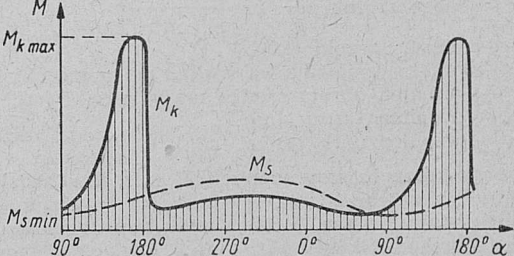
Dla omówienia trzech wymienionych rodzajów sprzęgieł i ich zalet należy przypomnieć podział najbardziej typowych sprzęgieł stosowanych w napędach elektrycznych (rys. 1).



Rys. 1. Podział typowych sprzęgieł stosowanych w napędzie elektrycznym

Sprzęgło sztywne łączy wał silnika i maszynę napędzaną, gdy silnik i maszyna ustawione są na wspólnej podstawie i gdy istnieje pewność pracy ze stałym momentem.

Sprzęgło sprężyste stosuje się, gdy silnik i maszyna stoją na osobnych podstawach, oraz wtedy, kiedy przy pracy napędu występują nagłe zmiany obciążenia (rys. 2).



Rys. 2. Wykres momentów czynnych w przypadku łocznimimośrodowej

M_k — bez sprzęgła sprężystego
 M_s — ze sprzęgłem sprężystym

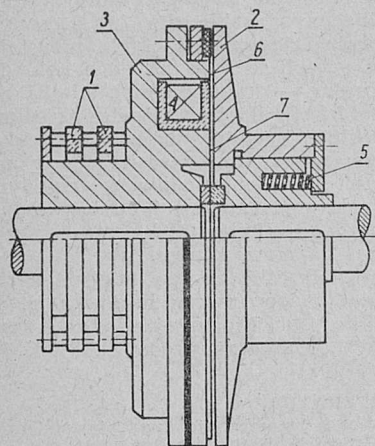
Pewne typy tych sprzęgieł zapobiegają również powstawaniu skrętnych drgań wzbudzonych (rezonansu), np. w zespole wirnika silnika elektrycznego — wirnika pompy.

Kategoria sprzęgieł nastawnych i regulowanych obejmuje cztery działy. Z nich sprzęgło kłowe pozwala łączyć i rozłączać silnik i maszynę w czasie postoju.

Sprzęgła cierne służą do łączenia i rozłączania wału silnika i maszyny w czasie pracy napędu. Sprzęgła te

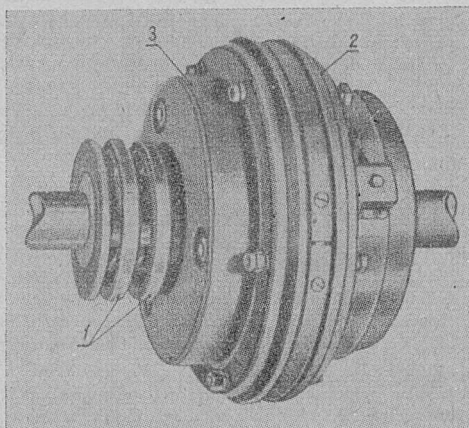
służą również jako sprzęgła zabezpieczające (graniczne), łączące stale dwa wały.

Z grupy sprzęgieł ciernych sprzęgła kierowane mogą być włączane i wyłączane przez napęd dźwigniowy, pneumatyczny, hydrauliczny lub (jak na rys. 3) elektromagnetyczny. Dla ostatniego rodzaju sprzęgieł przyjęła się nazwa „sprzęgło elektromagnetyczne”. Przy obliczaniu części elek-

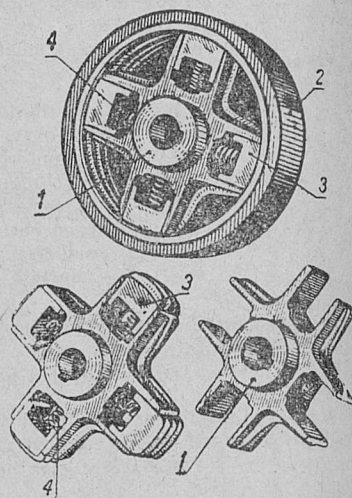


Rys. 3a. Sprzęgło elektromagnetyczne tarczowe

- 1 — pierścienie ślizgowe
- 2 — tarcza przesuwana
- 3 — tarcza nieruchoma
- 4 — uzwojenie wzbudzenia
- 5 — sprężyny luzujące
- 6 — powierzchnia bieżna zewnętrznego
- 7 — powierzchnia bieżna wewnętrznego



Rys. 3b. Wygląd zewnętrzny sprzęgła elektromagnetycznego tarczowego



Rys. 4. Sprzęgło ciernie samoczynne szczękowe

- 1 — wał napędzający
- 2 — piasta na wale napędzającym z umocowanymi szczękami
- 3 — bęben z powierzchnią cierną
- 4 — wał napędzany
- 5 — szczęki
- 6 — sprężyna

trycznej tych sprzęgieł należy możliwie przestrzegać równości powierzchni bieżnej zewnętrznej 6 i wewnętrznej 7.

Najczęściej stosowanymi sprzęgłami ciernymi samoczynnymi są sprzęgła szczękowe i sprzęgła kulkowe. Sprzęgła te stosuje się przy rozruchu pod obciążeniem silnika asynchronicznego klatkowego, umożliwiając właściwy dobór silnika do pracy znamionowej, a nie według warunków rozruchu.

W sprzęgłach szczękowych (rys. 4), przy przekroczeniu przez silnik napędzający 0,6 do 0,8 znamionowej prędkości obrotowej zaczyna się ruch mechanizmu szczękowego. Przenoszony moment wynosi $M_s = Z \cdot F \cdot \mu \cdot R$, a ponie-

waż $F = \frac{m \cdot v^2}{r}$ więc

$$M_s = Z \cdot \frac{m \cdot v^2}{r} \cdot \mu \cdot R \quad [\text{kGm}],$$

gdzie Z — liczba szczęk,

F — siła odśrodkowa [kG],

m — masa szczęki $\frac{Q}{g} \left[\frac{\text{kG} \cdot \text{s}^2}{\text{m}} \right]$,

Q — ciężar szczęki [kG],

v — prędkość obwodowa środka masy szczęki [m/s],

r — promień obrotu środka masy szczęki [m],

R — promień tarczy [m],

μ — współczynnik tarcia.

Dla danego sprzęgła przy znanych Z, m, r, R, μ będzie $M_s = \text{const} \cdot v^2$, a zatem charakterystyka mechaniczna sprzęgła ma kształt podany na rys. 5. Ruch wału napędzanego zaczyna się w tym momencie, kiedy $M_s = M_{\text{str}}$, gdzie M_{str} — moment oporów statycznych mechanizmu w chwili ruszania.

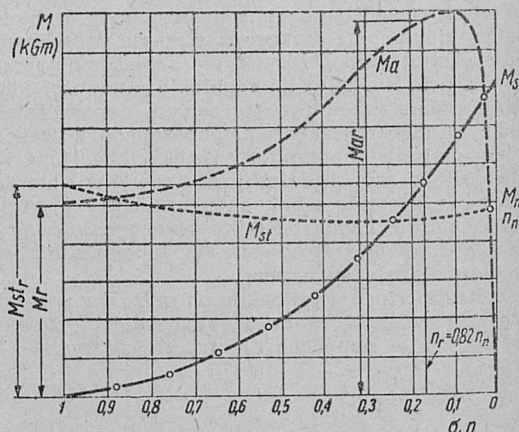
Obecnie jako sprzęgło samoczynne szeroko stosuje się sprzęgło kulkowe (rys. 6). W sprzęgle tym obrót części 1 połączonej z wałem silnika powoduje ruch kulek metalowych. Przy małej prędkości obrotowej kulki toczą się po wewnętrznej cierniej powierzchni części 2 połączonej z mechanizmem napędzanym. Przy wzrastającej prędkości silnika zwiększa się nacisk kulek na powierzchnię cierną powodując przeniesienie momentu z części 1 na część 2. Po osiągnięciu znamionowej prędkości obrotowej ustaje tócenie się kulek i sprzęgło pracuje bez poślizgu, jeżeli jest dostatecznie wypełnione kulkami. Rys. 7 podaje uzyskane doświadczalnie charakterystyki tego typu sprzęgła przy wypełnieniu kulkami w 50% i 100%, przy czym znamionowa prędkość obrotowa silnika $n = 1460$ obr/min.

Przy dłuższej pracy z poślizgiem sprzęgła ciernie nie nadają się do regulacji obrotów mechanizmu ze względu na trudności z odprowadzaniem ciepła wytwarzającego się przy poślizgu.

Wszystkie możliwości różnych typów sprzęgieł ciernych (ułatwienie rozruchu, regulacja prędkości obrotowej i zabez-

pieczenie przed przeciążeniem) osiąga się przez zastosowanie sprzęgła ciernego proszkowego, albo sprzęgła poślizgowego hydraulicznego lub indukcyjnego. Sprzęgła te mogą pracować przez długi czas z poślizgiem ze względu na dobre odprowadzenie ciepła oraz odznaczają się łatwością regulacji (szczególnie indukcyjne i proszkowe). Sprzęgła proszkowe wynaleziono w 1947 r., natomiast sprzęgła poślizgowe znane są od kilkudziesięciu lat.

Przekrój sprzęgła hydraulicznego podaje rys. 8. Część 1 napędzana przez silnik pracuje jako pompa powodująca przepływ cieczy, część 2 osadzona na wale napędzanym pracuje jako turbina napędzająca ten wał. Dla przeno-



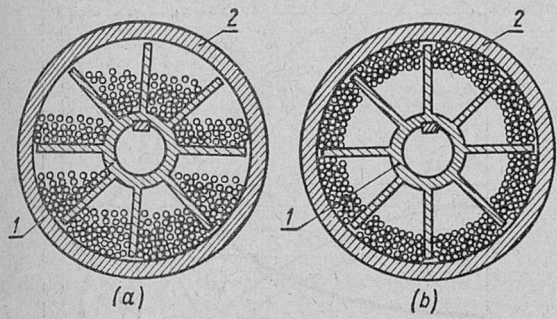
Rys. 5. Charakterystyka mechaniczna silnika asynchronicznego klatkowego M_a i samoczynnego sprzęgła ciernego M_s
 M_{st} — charakterystyka mechaniczna napędzanego mechanizmu
 M_{str} — moment oporów statycznych mechanizmu przy $n = 0$
 n_r — prędkość obrotowa silnika w chwili ruszania mechanizmu
 M_{ar} — moment silnika w chwili ruszania mechanizmu, przy czym moment rozruchowy silnika $M_r < M_{\text{str}}$

szenia momentu przez sprzęgło konieczny jest poślizg części 2 względem części 1. Symetryczna budowa i jednakowy kształt łopatek obu części sprzęgła umożliwiają pracę w obu kierunkach wirowania oraz umożliwiają przy hamowaniu pracę części 1 jako turbiny, a części 2 jako pompy. W wykonaniu

podanym na rysunku sprzęgło pracuje ze stałym napełnieniem cieczą mając tylko jedną charakterystykę mechaniczną (sprzęgło nieregulowane). W innych typach sprzęgieł napełnienie można zmieniać w czasie pracy sprzęgła, otrzymując w ten sposób różne charakterystyki mechaniczne (sprzęgło regulowane).

Jako ciecz wypełniająca sprzęgło stosowane są oleje mineralne, czasem woda.

Wartości przenoszonego momentu M i przenoszonej mocy P zależą od prędkości obrotowej na wejściu (prędkości



Rys. 6. Samoczynne sprzęgło cierne kulkowe
1 — część połączona z wałem napędzającym
2 — część połączona z wałem napędzanym
(a) — postój silnika
(b) — stan przy włączonym silniku

silnika napędzającego) n_1 , od ilości cieczy przepływającej w sprzęgle Q i od średnicy sprzęgła D :

$$M \cong k_1 n_1^2, \quad M \cong k_2 Q^2, \quad M \cong k_3 D^5,$$
$$P \cong k' n_1^3, \quad P \cong k'' Q^3, \quad P \cong k''' D^5,$$

a więc dla $Q = \text{const}$:

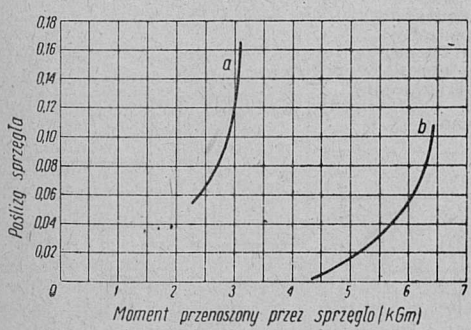
$$M = C_1 \cdot n_1^2 \cdot D^5,$$
$$P = C_2 \cdot n_1^3 \cdot D^5.$$

Wykreślnie podawane są zależności:

$n_2 = f(M)$ dla Q zmiennego i $n_1 = \text{const}$ (rys. 9),
oraz $n_2 = f(M)$ dla $Q = \text{const}$ i n_1 zmiennego (rys. 10),
a także $M = f(n_1)$ dla $Q = \text{const}$ przy $n_2 = 0$ dla danej charakterystyki oraz $M = f(\sigma_2)$ dla $Q = \text{const}$ i n_1 zmiennego (rys. 11) gdzie σ_2 — poślizg sprzęgła.

Sprzęgło hydrauliczne nieregulowane (tylko jedna charakterystyka mechaniczna) umożliwia rozruch silnika klatkowego pod obciążeniem oraz ogranicza wartość maksymalnego momentu przenoszonego z wału silnika na wał napędzany.

Stosunek momentu maksymalnego M_{max} w stosunku do M_n jest znaczny, gdy sprzęgło ma mały poślizg znamionowy (duże napełnienie). Wartość M_{max} jest w pewnych typach sprzęgieł ograniczona przez specjalną konstrukcję sprzęgła. Sprzęgło nieregulowane połączone z silnikiem asynchronicznym klatkowym w czasie rozruchu napędu pod obciążeniem skraca czas poboru maksymalnego prądu przez silnik. Sprzęgło do-

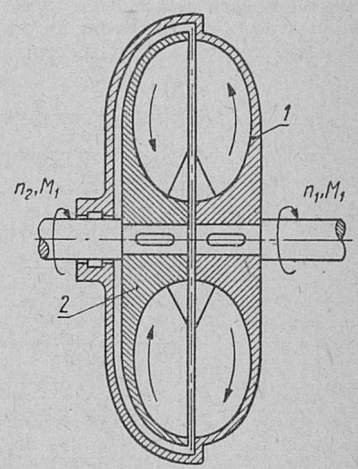


Rys. 7. Charakterystyki samoczynnego sprzęgła ciego kulkowego przy napełnieniu kulkami w 50% i 100%
a — napełnienie 50% b — napełnienie 100%

brane jest tak, aby przy pracy znamionowej poślizg jego był możliwie mały. Aby uniknąć powstawania zbyt dużych przeciążeń przy zatrzymaniu wału napędzanego poślizg znamionowy sprzęgła nieregulowanego musi być większy aniżeli sprzęgła regulowanego.

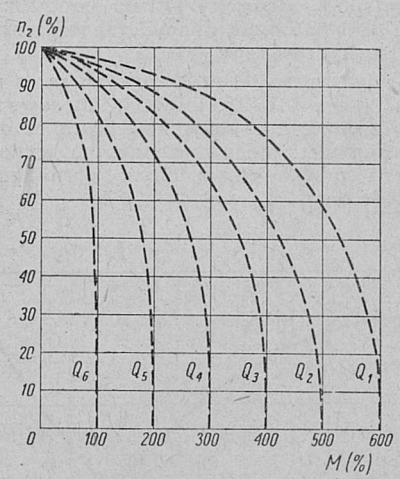
Na rys. 12 wykreślona jest charakterystyka silnika klatkowego oraz charakterystyki $M = f(n_1)$ sprzęgieł nieregulowa-

nych I i II. Przy pracy znamionowej silnika sprzęgła przenoszą moment M_n . Przeciążenie doprowadzające do zatrzymania napędzanego wału spowoduje przekazanie przez sprzęgło I momentu M'_{max} , a przez sprzęgło II momentu M''_{max} . W warunkach znamionowych $n_{n1} - n''_{12n} < n_{n1} - n'_{12n}$, tj. $\sigma''_{2I} < \sigma'_{2I}$. Dobór sprzęgła z szybciej wznoszącą się charakterystyką mechaniczną $M = f(n_1)$ aniżeli charakterystyka I pozwala na uzyskanie najmniejszego poślizgu przy pracy znamionowej silnika, prowadzi jednak do przeciążenia silnika w przypadku zatrzymania napędzanego wału. Dla ochrony silnika konieczna jest wtedy interwencja elektromagnetycznego zabezpieczenia nadmiarowego. Przy dobraniu sprzęgła z uwzględnieniem warunku najmniejszego poślizgu przy obciążeniu znamionowym z ograniczeniem jednak momentu maksymalnego napędu tak, aby był on mniejszy od momentu utyku silnika (charakterystyka II), przy zatrzymaniu wału napędzanego sprzęgło przenosi moment M''_{max} . Zabezpieczenie elektromagnetyczne silnika nie zadziała. Przy dłuższym przeciążeniu zadziała zabezpieczenie nadmiarowe termiczne.



Rys. 8. Przekrój sprzęgła hydraulicznego
1 — część sprzęgła od strony silnika (pompa)
2 — część sprzęgła od strony mechanizmu (turbina)

Sprzęgła nieregulowane wykonywane są jako pojedyncze lub podwójne, tzn. z jedną pompą i turbiną lub dwoma zespołami pomp i turbin. Dla mniejszych mocy obudowane są one razem z napędzającym silnikiem elektrycznym tworząc zwarte jednostki podobnie jak silniki przekładniowe (motore-



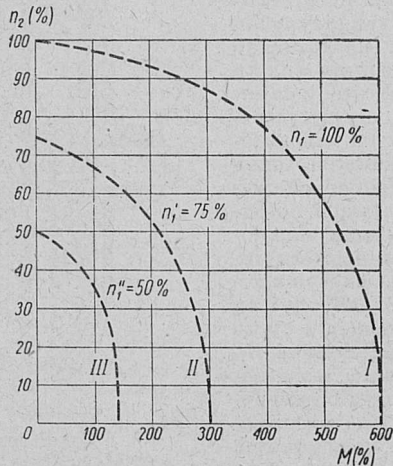
Rys. 9. Charakterystyki mechaniczne sprzęgła hydraulicznego $n_2 = f(M)$ dla różnych ilości cieczy Q ($n_1 = \text{const}$)

duktory). Zespoły takie mogą być przystosowane do pracy w położeniu pionowym. Sprzęgła o mocy ponad 20 kW buduje się jako osobne jednostki łączone z silnikiem sprzęgłem sprzężystym.

Jeżeli napęd ze sprzęgłem nieregulowanym pracuje jako napęd nawrotny, to zmianę kierunku wirowania uzyskuje się przez zmianę kierunku wirowania napędzającego silnika elektrycznego. Sprzęgła nawrotne (rys. 13) wymagają specjalnego urządzenia do napełniania i opróżniania roboczych przestrzeni sprzęgieł dla jednego lub drugiego kierunku wirowania. Urządzenie takie pozwala zmieniać napełnienie również w czasie pracy, a więc sprzęgła nawrotne są zarazem sprzęgłami regulowanymi. Sprzęgło regulowane ma sprawność bliską sprawności przekładni mechanicznej. Sterowność sprzęgła jest duża, gdyż dozując wielkość napełnienia sprzęgła uzyskuje się zbiór charakterystyk mechanicznych wypełniających powierzchnię wykresu dla całkowitego napełnienia sprzęgła. Sprzęgła regulowane proste i nawrotne buduje się

w kilku odmianach. W każdej odmianie urządzenia do zmiany napełnienia komplikują budowę sprzęgła. Według doświadczenia zagranicznego trudny jest dobór odpowiedniego oleju, który powinien możliwie mało zmieniać swe własności wraz ze zmianą temperatury.

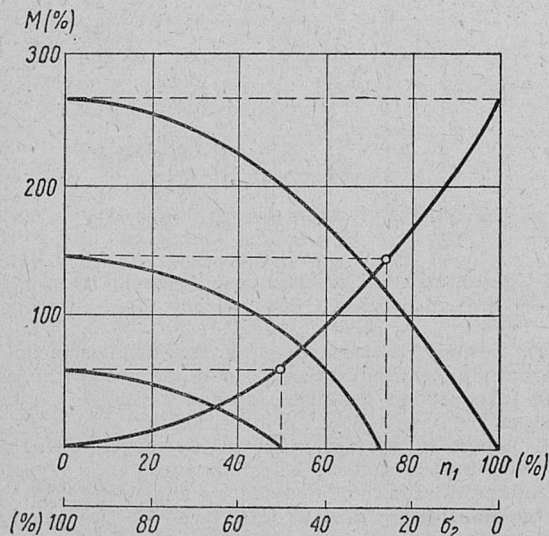
W napędzie elektrycznym ze sprzęgłem hydraulicznym możliwe jest hamowanie prądnicowe, przeciwrzędem lub dynamiczne. Przy hamowaniu prądnicowym i przeciwrzędem hamowanie jest elektryczne, przy czym sprzęgło przenosi moment z wału mechanizmu na wał silnika. Nazwa „hamowanie dynamiczne napędu ze sprzęgłem hydraulicznym” określa ha-



Rys. 10. Charakterystyki mechaniczne sprzęgła hydraulicznego $n_2 = f(M)$ dla różnych n_1 i $Q = \text{const}$

nowanie, w którym część sprzęgła od strony silnika zostaje zahamowana hamulcem mechanicznym. Energia przekazywana z wału mechanizmu napędzanego zamienia się w sprzęgle na ciepło. W czasie hamowania dynamicznego wartość momentu hamującego zmienia się przez zmianę napełnienia. W okresie hamowania silnik odłączony jest od sieci. Przy stałe biegnącym silniku do hamowania dynamicznego przeznaczony jest osobny hamulec hydrauliczny (rys. 14).

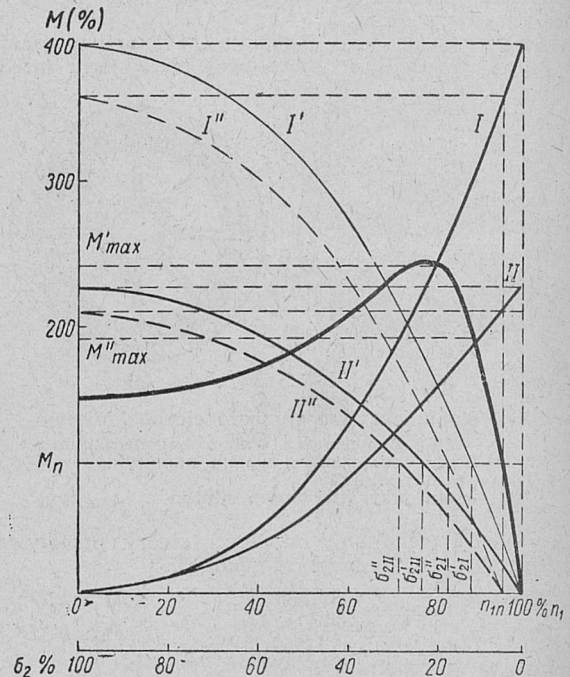
Drugim rodzajem sprzęgieł poślizgowych są s p r z ę g ł a i n d u k c y j n e. Do najczęściej stosowanych typów można zaliczyć sprzęgła z biegunami jawnymi oraz sprzęgła z naciętym rdzeniem. Sprzęgła indukcyjne w dalszym ciągu można dzielić na sprzęgła z uzwojonym twornikiem oraz sprzęgła na prądy wirowe.



Rys. 11. Charakterystyki $M = f(n_1)$ i $M = f(\sigma_2)$ dla $Q = \text{const}$ i n_1 zmiennego, gdzie σ_2 poślizg sprzęgła

Przy dalszym omawianiu sprzęgieł indukcyjnych tę część, na której nawinięte jest uzwojenie wzbudzenia będziemy nazywać stroną pierwotną, a część, w której indukowane są prądy, stroną wtórną lub twornikiem. Poza tym wewnętrzną część wirującą (zwykle strona pierwotna) będziemy nazywać wirnikiem.

Zasadę działania sprzęgła z jawnymi biegunami tłumaczy rys. 15. Część 1 z biegunami (wirnik) niech będzie napędzana przez silnik, twornik 2 jest połączony z mechanizmem roboczym. Na tworniku 2 ułożone jest uzwojenie kłatkowe (nie pokazane na rysunku). Uzwojenie wzbudzenia na wirniku jest zasilane prądem stałym.



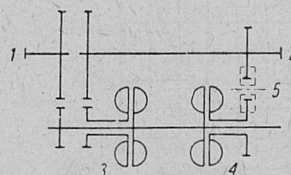
Rys. 12. Charakterystyki mechaniczne dwóch sprzęgieł I i II

$$\begin{aligned} I, II : M &= f(\sigma_1) \\ I', II' : M &= f(\sigma_2) \text{ dla } n_1 = n_0 \\ I'', II'' : M &= f(\sigma_2) \text{ dla } n_1 = n_n \\ \frac{n_1 - n'_2}{n_1} &= \sigma_2 \text{ (poślizg sprzęgła)} \end{aligned}$$

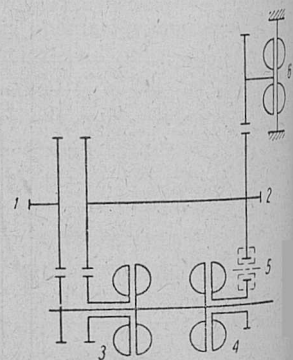
W sprzęgle na prądy wirowe nie ma uzwojenia na tworniku. W litym odlanym kadłubie twornika indukują się prądy wirowe, których powstanie wywołuje ruch twornika zgodnie z kierunkiem wirowania strony pierwotnej sprzęgła. Sprzęgło z naciętym rdzeniem (rys. 16) ma jedno uzwojenie wzbudzenia nawinięte centrycznie zwykle na wirniku. Na obwodzie wirnika 1 strumień magnetyczny, powstający przy przepływie prądu stałego przez cewkę 4, przechodzi przez szczelinę powietrzną między częścią 1 i 2 w miejscu najmniejszej grubości szczeliny, tj. nad zębami 3. Indukcja wzdłuż szczeliny na

Legenda do rys. 13 i 14

- 1 — wał napędzający
- 2 — wał napędzany
- 3 — sprzęgło obrotu w lewo
- 4 — sprzęgło obrotu w prawo
- 5 — koło pośredniczące
- 6 — hamulec hydrauliczny regulowany



Rys. 13. Schemat sprzęgła nawrotnego

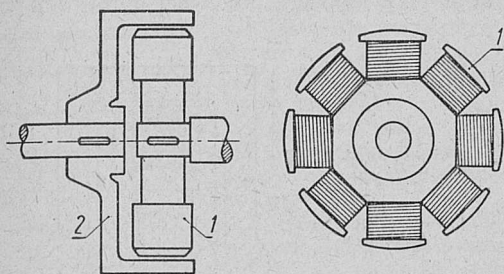


Rys. 14. Schemat sprzęgła nawrotnego z osobnym hamulcem hydraulicznym do hamowania dynamicznego

obwodzie sprzęgła ma przebieg zależny od kształtu i rozmieszczenia zębów, identyczny po stronie biegunów N i S. Sprzęgła z naciętym rdzeniem wykonywa się jako sprzęgła na prądy wirowe. W niektórych typach sprzęgieł z naciętymi zębami wewnętrzną część twornika wyklada się warstwą miedzi.

Moc obwodu wzbudzenia sprzęgła poślizgowego nie jest duża i stanowi zwykle 1 — 2% mocy przenoszonej przez sprzęgło.

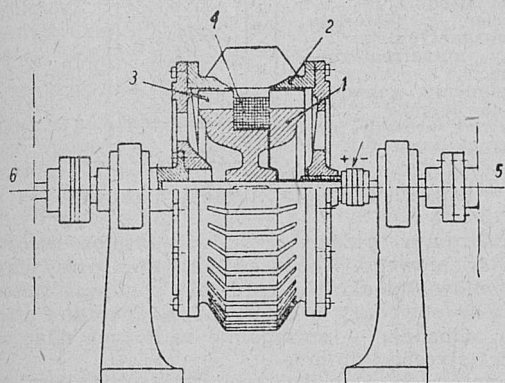
Straty ciepła — proporcjonalne do poślizgu — wzrastają przy użyciu sprzęgła do regulacji prędkości obrotowej. W wa-



Rys. 15. Sprzęgło poślizgowe indukcyjne z biegunami jawnymi

1 — wirnik z biegunami 2 — twornik sprzęgła (uzwojony)

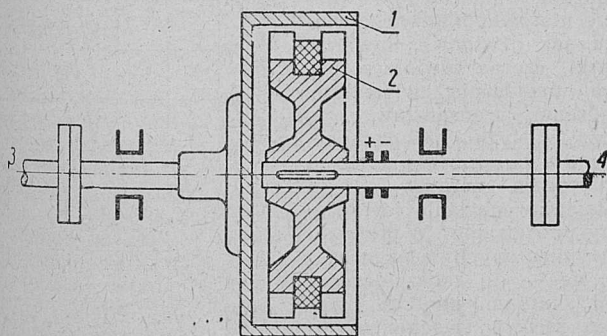
runkach pracy znamionowej przy stałym przenoszonym przez sprzęgło momencie poślizg jest niewielki i równy około 2—3%. Regulacja prędkości obrotowej przez zmianę poślizgu powoduje konieczność powiększenia wymiarów sprzęgła. Dla zmniejszenia ilości wydzielającego się w sprzęgle ciepła sto-



Rys. 16. Sprzęgło poślizgowe indukcyjne na prądy wirowe

1 — wirnik (nacięty rdzeń) 4 — cewka na prąd stały
2 — twornik (na prądy wirowe) 5 — silnik napędzany
3 — zęby nacięte na obwodzie wirnika 6 — urządzenie napędzane

kuje się uzwojenia nawinięte na tworniku z wprowadzeniem ich obwodów na zewnątrz przez pierścienie ślizgowe i połączeniem z opornicą regulacyjną. Tak konstruowane są duże sprzęgła z biegunami jawnymi. Dla polepszenia odprowadza-



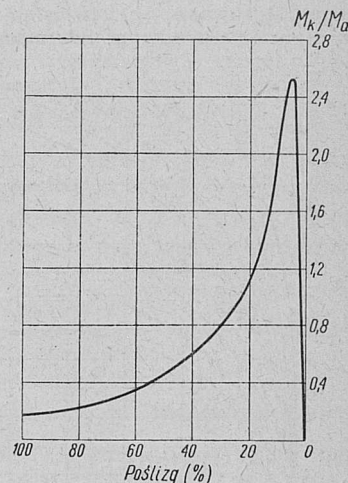
Rys. 17. Prawidłowy układ napędu elektrycznego ze sprzęgłem indukcyjnym

1 — silnik napędzający 3 — twornik sprzęgła
2 — mechanizm napędzany 4 — strona pierwotna (wirnik sprzęgła)

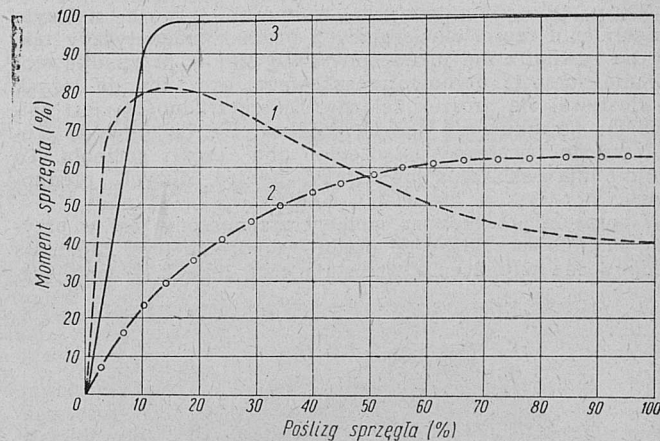
nia ciepła stosuje się chłodzenie sprzęgieł, między innymi chłodzenie wodą lub olejem przepływającymi przez szczelinę powietrzną. Twornikiem może być zarówno część wewnętrzna, jak i zewnętrzna; silnik może napędzać również część wewnętrzną, jak i zewnętrzną, niezależnie od tego, czy jest ona stroną pierwotną czy wtórną. Niemniej jednak raczej należy łączyć silnik z częścią zewnętrzną o większym GD^2 , wskutek czego ta część sprzęgła stanowi zasobnik energii kinetycznej, a ponadto włączenie mechanizmu przy stałe biegnącym silniku wymaga zużycia mniejszej ilości energii przy rozruchu

wirnika. Twornikiem powinna być część zewnętrzna ze względu na lepsze odprowadzanie ciepła. Jako prawidłowy należy zatem uznać układ z rys. 17.

Charakterystyki mechaniczne sprzęgieł poślizgowych zależą od rodzaju sprzęgła. Rys. 18 podaje charakterystykę sprzęgła z biegunami jawnymi i z uzwojeniem klatkowym. Rys. 19 podaje charakterystykę sprzęgła na prądy wirowe z jawnymi biegunami i z naciętym wirnikiem. Charakterystyki mechaniczne samego sprzęgła zależą od wielkości prądu wzbudzenia. Zbiór charakterystyk sprzęgła z naciętym wirnikiem dla różnych wielkości wzbudzenia podaje rys. 20. Sprzęgła z jawnymi biegunami dzięki swej sztywnej charakterystyce w zakresie znamionowych obciążeń pracują z mniejszym poślizgiem niż sprzęgła nacięte, mają zatem większą sprawność. Ze wzrostem poślizgu ponad poślizg utyku w pierwszym rodzaju sprzęgieł maleje jednak przynoszony moment. Połączeniem dodatnich cech obu rodzajów sprzęgieł jest sprzęgło palcowe (rys. 21), pracujące przy mniejszych obciążeniach jako sprzęgło z biegunami jawnymi (przepływ strumienia między palcami 1 i 2), a przy większych jako sprzęgło z naciętym wirnikiem mając charakterystykę mechaniczną (3 na rys. 19). Sprzęgło z naciętym wirnikiem ma charakterystyki mechaniczne podobne do charakterystyk sprzęgła hydraulicznego.



Rys. 18 Charakterystyka mechaniczna sprzęgła indukcyjnego z jawnymi biegunami



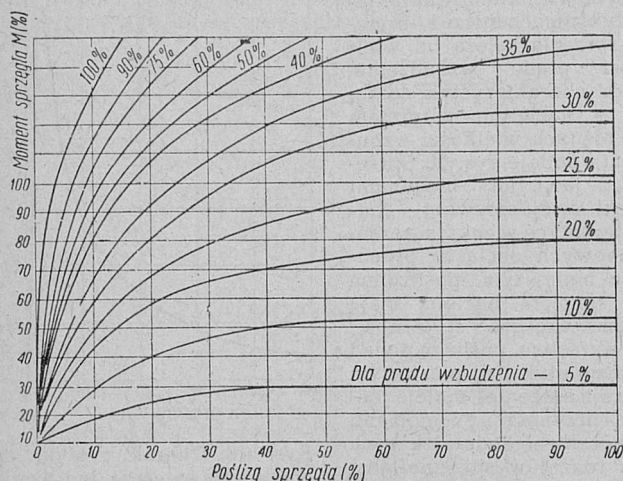
Rys. 19. Charakterystyki mechaniczne sprzęgieł indukcyjnych na prądy wirowe

1 — sprzęgło z jawnymi biegunami 2 — sprzęgło z naciętym wirnikiem
3 — sprzęgło palcowe

Sprzęgła cierne proszkowe wynalezione w 1947 r. mimo krótkiego czasu ich używania znajdują coraz szersze zastosowanie. Sprzęgło takie (rys. 22) ma nawiniętą na rdzeniu 1 cewkę 2. Wytworzony przez cewkę 2 strumień magnetyczny przepływa przez szczelinę o grubości 1,5 do 2 mm i przez piersień 3 z materiału przewodzącego strumień magnetyczny. Osłony 4 i 5 są wykonane z materiału niemagnetycznego (silumin). W szczelinie znajduje się zawieszona proszku ferromagnetycznego w oleju. Pod działaniem pola magnetycznego cząsteczki proszku ustawiają się wzdłuż linii pola magnetycznego tworząc sztywne połączenie obu części sprzęgła. Przy wyłączonym wzbudzeniu znika sztywność zawiesziny umożliwiając poruszanie się względem siebie dwóch części sprzęgła.

W ciągu 7 lat, które upłynęły od chwili wynalezienia tego rodzaju sprzęgła, skonstruowano wiele jego typów zależnie od wymagań stawianych sprzęgłom. Nie omawiając na razie rodzajów tych sprzęgieł można dotychczasowe wyniki pracy i doświadczeń zebrać w krótkim podsumowaniu.

Sprzęgła proszkowe wykonuje się w wielkościach od mocy ułamkowych do mocy rzędu tysięcy kilowatów (największe sprzęgło na świecie jest obliczone na moc 7360 kW). Prędkość obrotowa tych sprzęgieł może być bardzo duża (np. 10 000 obr./min.). Obie części sprzęgła mogą mieć powierzchnie robocze cylindryczne (rys. 22) lub tarczowe. Jako ośrodek magnetyczny (sztywniejący pod wpływem pola magnetycznego) stosowane są: zawieszina proszku ferromagnetycznego w oleju (maszynowym lub maszynowym z dodatkami), mie-

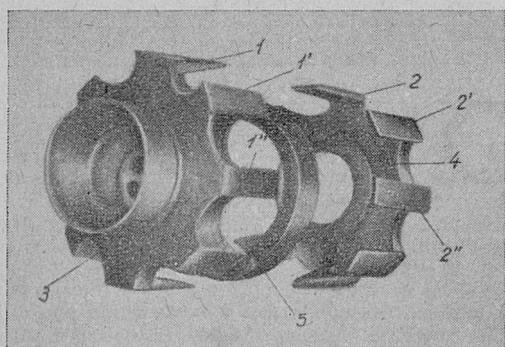


Rys. 20. Zbiór charakterystyk mechanicznych sprzęgła z naciętym wirnikiem dla różnych wielkości prądu wzbudzenia I (w %)

szanina proszku grafitowego i ferromagnetycznego, sam drobny proszek ferromagnetyczny.

Jako proszek magnetyczny stosuje się żelazo o jak najmniejszym magnetyzmie szczątkowym i o wymiarach od 8 μ do 300 μ . Obecnie największe trudności sprawia należyte uszczelnienie części zawierających proszek magnetyczny tak, aby na zewnątrz nie przedostawał się olej w przypadku stosowania sprzęgła płynowo-proszkowego, oraz aby do łożysk nie dostawał się proszek żelazny. Dalszą trudnością jest zbijanie się proszku przy dużych prędkościach obrotowych prowadzące do trwałego połączenia obu części sprzęgła. To ostatnie zjawisko występuje przy bardzo dużych prędkościach.

W sprzęgle proszkowym moment przenoszony jest w przybliżeniu liniowo zależny od prądu wzbudzenia (rys. 23). Linia 1 odpowiada wzbudzeniu wzrastającemu, linia 2 — malejącemu.



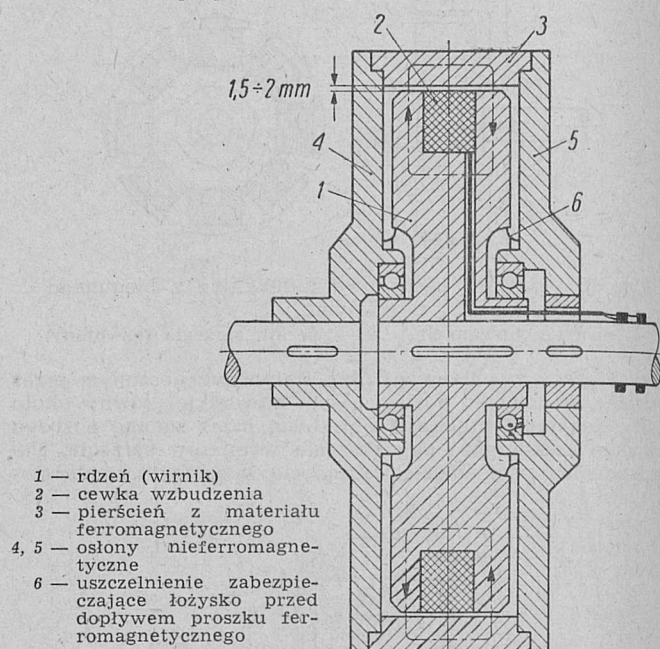
Rys. 21. Wirnik sprzęgła indukcyjnego palcowego (wirnik składa się z dwóch części 3 i 4 oraz cewki wzbudzenia 5)

mu, linia 3 podaje średnią wielkość przenoszonego momentu. Moment przenoszony przez sprzęgło praktycznie nie zależy od wielkości poślizgu (rys. 24).

W krajach o wysokiej technice stale wzrasta ilość i rodzaj zastosowań sprzęgieł poślizgowych i proszkowych. W niektórych wypadkach napęd elektryczny ze sprzęgłem wypiera skomplikowany i drogi układ Leonarda lub silnik asynchroniczny pierścieniowy. Omówione sprzęgła umożliwiają szersze stosowanie silnika asynchronicznego klatkowego i silnika synchronicznego. Do regulacji prędkości obrotowej stosuje się sprzęgła pojedyncze z regulacją przepływu cieczy (hydrauliczne) lub prądu wzbudzenia oraz zespoły dwu sprzęgieł,

z których jedno przenosi moment z wału silnika na wał maszyny napędzanej, a drugie służy do przyhamowania układu, gdy potrzebne są małe prędkości przy małych momentach (w maszynach wyciągowych — przestawianie klatek).

W porównaniu z silnikiem asynchronicznym pierścieniowym wielkość strat przy regulacji prędkości obrotowej przez wy-

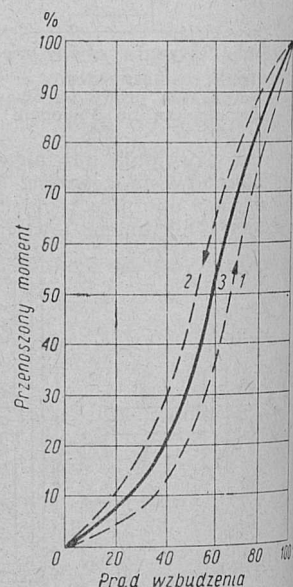


Rys. 22. Sprzęgło cierne proszkowe

wołanie poślizgu w sprzęgle jest równa stratom w opornicy silnika pierścieniowego. Napęd ze sprzęgłem przewyższa silnik pierścieniowy gładkością regulacji, ponieważ sterowanie odbywa się w obwodach o małej mocy, aparatura sterująca jest prosta, odpadają — szczególnie w dużych napędach — przekładniki i styczniki do przełączania oporów w obwodzie wirnika.

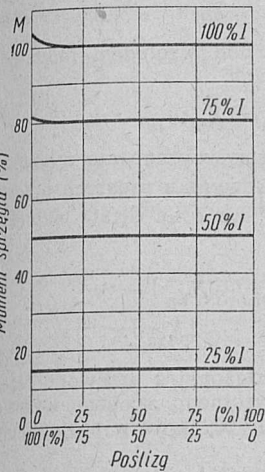
W czasie pracy zawsze w sprzęgłach poślizgowych powstają straty proporcjonalne do poślizgu. W porównaniu z napędem ze sprzęgłem ta wyższość silnika pierścieniowego nie występuje w przypadku silników napędzających maszyny o szczególnie nierównomiernym obciążeniu, jak dźwignice, suwnice, koparki, czerparki wieloczerpkowe, urządzenia wiertnicze, urządzenia transportowe, to znaczy w tych przypadkach, kiedy dla zwiększenia poślizgu w obwodzie wirnika silnika pierścieniowego stale jest włączony pewien opór. W przypadku wymienionych maszyn stosuje się — do zabezpieczenia przed skutkami nagłych przeciążeń zarówno mechanizmów, jak i silników asynchronicznych pierścieniowych — sterowanie przekładnikowo - stycznikowe, przełączające silnik z charakterystyki normalnej pracy na charakterystyki oporowe.

Doświadczenie wielu lat w stosunku tego rodzaju sterowania wykazuje małą jego skuteczność jako zabezpieczenia. Wymiana silnika przy tym sposobie sterowania powinna być połączona ze sprawdzaniem wielkości momentu maksymalnego nowego silnika, co w warunkach ruchowych jest uciążliwe. Moment sprzęgła przy zahamowanym mechanizmie można wyznaczyć w przybliżeniu z pomiaru mocy i prędko-



Rys. 23. Zależność momentu, przenieszonego przez sprzęgło proszkowe od prądu wzbudzenia I
1 — przy wzrastającym wzbudzeniu
2 — przy malejącym wzbudzeniu
3 — średnia wartość przenoszonego momentu

ści obrotowej silnika. Sprzęgła hydrauliczne i indukcyjne na prądy wirowe z naciętym rdzeniem lub palcowe oraz sprzęgła proszkowe stosowane w napędzie tych maszyn, w których występują przeciążenia, mają tę zaletę, że przy dużym przeciążeniu i spadku do zera prędkości obrotowej wału napędzanego nie następuje zmniejszenie momentu na wale.



Rys. 24. Charakterystyki mechaniczne sprzęgła proszkowego dla różnych wielkości prądu wzbudzenia I

związane z poślizgiem i stratami. Sprzęgło proszkowe w warunkach znamionowych pracuje bez poślizgu.

Sprzęgła poślizgowe i proszkowe są też używane jako hamulce zarówno w urządzeniach przemysłowych, jak i laboratoryjnych. Sprzęgła poślizgowe i proszkowe stosuje się w różnych gałęziach przemysłu jako element napędu elektrycznego, spalinowego lub parowego. Ułatwiają one rozruch silnika asynchronicznego klatkowego (dzięki czemu znajdują zastosowanie w maszynach rolniczych: słabe sieci zasilające),

umożliwiają szerokie stosowanie silnika synchronicznego. Tak na przykład do napędzania największego na świecie przenośnika taśmowego o wydajności 1200 t/h zastosowano silnik synchroniczny o mocy 1100 kW oraz sprzęgło na prądy wirowe łączące silnik z przekładnią zębatą napędu przenośnika. Sprzęgło to jest chłodzone wodą.

Sprzęgła poślizgowe i proszkowe stosuje się w napędach nożyc i pras, obrabiarek, sprężarek, pomp, wentylatorów, pieców obrotowych, wirówek, dźwigów, koparek, czerparek, łamaczy kamieni, przenośników taśmowych i zgrzeblowych, urządzeń wiertniczych, kołowrotów i maszyn wyciągowych. Stosuje się również w budowie okrętów, samochodów i samolotów.

Duże możliwości stosowania tych sprzęgieł powinny skupić na nich większą niż dotychczas uwagę przemysłu krajowego.

LITERATURA

M a k s i m o w A. E. Gidroelektropriwod rudniczych podjomnych maszyn (Ugletiechizdat, Moskwa—Leningrad, 1951)
P u n g a F., R a y d t O. Drehstrommotoren mit Doppelkäfiganker und verwandte Konstruktionen (Berlin, 1931)
A n o s o w J. I. Elektromagnitnyje mufty s fierromagnitnym poroszkom (Elektricitstwo, 1951, str. 87—88)
A t z Fred. Electric Drives with Fluid Couplings (Electr. Engineering, May 1948, str. 466—468)
B ö h m e B. Magnetöl- und Magnetpulver-Kupplungen (Maschinenbautechnik, 1954, 8, str. 397—405)
B r o o k e R. The Design of an Electro-magnetic Clutch (Machinery, Vol. 84, IV.23.1954 r., str. 867—870)
H a m a t a V., H r d l i č k a I. Elektromagnetické spojky (Elektrotechnik, Cervenec 1954, str. 201—205)
K l a m t J. Elektrische Schlupfkupplungen zum Antrieb von Schiffsschrauben (ETZ, Ausgabe B, 1954, 7, str. 273—276)
L a n i k R. Die Kraftübertragung bei modernen Rotary-Bohranlagen (Erdölzeitung, Nr 3/4, 1954, str. 20—29)
R a b i n o w J. The Magnetic Fluid Clutch (Electrical Engineering, XII, 1948)
W i e h a g e W., V e l h a g e n F. Elektrohäspel mit Regelung und Steuerung durch Voith-Turbowendegetriebe (Glückauf, Nr 21/22, 1952, str. 511—518)
W i n t h e r J. B. Electric Eddy Current Machinery (Electr. Engineering, July 1947, str. 643—646)
Water Cooled Eddy-current Coupling drives World's highest Lift Conveyor (Mechanisation, t. 17, nr 5, 1953)

JÓZEF ŻYDANOWICZ

Układy trójfazowe modeli do odtwarzania elementów układu elektroenergetycznego 621.72:621.3.052.025.3:621.3

Treść. Wyprowadzono wzory na oporności poszczególnych elementów modelu trójfazowego linii symetrycznej i niesymetrycznej pod względem indukcyjnym oraz na oporności elementów modelu widełkowego linii dwutorowej. Opracowano układ modelu symetrycznego linii dwutorowej przeplecionej w 3 odcinkach oraz przeplecionej w sposób eliminujący oddziaływanie na siebie indukcyjne obwodu torów. Podano układy transformatorów wymuszających rozprływ prądów w przewodach ziemnopowrotnych. Podano układy modeli transformatorów oraz źródeł napięcia ze zwróceniem uwagi na schematy zastępcze układu zasilającego sieć za pośrednictwem transformatora z rozmaitymi grupami połączeniowymi. Omówiono zakres stosowania modeli trójfazowych elementów układu elektroenergetycznego.

1. Wstęp.

Przedstawianie elementów układu elektroenergetycznego przy pomocy modeli opornościowych jest znane od dawna i bywa stosowane w analizatorach sieciowych oraz w modelach sieciowych w celu rozwiązywania szeregu zagadnień związanych z pracą tego układu. Analizatory prądu zmiennego są wyposażone przeważnie w elementy jednofazowe i dlatego nadają się zwłaszcza dobrze do rozwiązywania zagadnień, w których można założyć stan symetrii napięciowej i prądowej układu. W znacznie mniejszym stopniu nadają się one do analizy przebiegów niesymetrycznych, występujących bardzo często w przypadku zakłóceń w pracy układu elektroenergetycznego o charakterze zwarciowym.

Wprawdzie zagadnienia przebiegów niesymetrycznych można rozpatrywać na modelach sieciowych opartych na składowych symetrycznych, przy czym stosuje się niezależne modele dla poszczególnych składowych symetrycznych i modele te kojarzy się z sobą w odpowiedni sposób. Jednak tego rodzaju odtwarzanie elementów układu elektroenergetycznego nie odznacza się dużą przejrzystością i z tego względu modele takie nie są odpowiednie do rozwiązywania niektórych zagadnień, obejmujących przebiegi niesymetryczne układu, np. do analizy działania przekładników elektroenergetycznych lub do analizy przebiegów napięć i prądów przy zwarciach niesymetrycznych.

W tych ostatnich przypadkach najbardziej odpowiednie okazały się modele trójfazowe, w których odtwarza się poszczególne

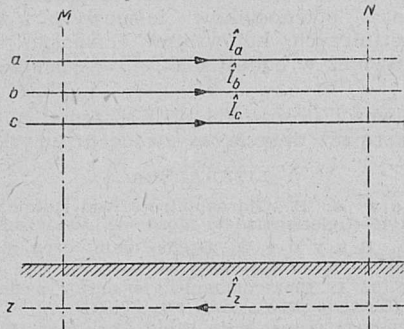
przewody fazowe oraz ewentualnie przewód ziemnopowrotny. Elementy tych modeli trójfazowych powinny być możliwie proste w konstrukcji i w miarę możliwości nie powinny zawierać między sobą sprzężeń.

Jak zobaczmy niżej, zmodelowanie linii jednotorowej symetrycznej pod względem indukcyjnym jest łatwe w wykonaniu przy pomocy czterech odpowiednio dobranych oporności pozornych, natomiast zmodelowanie linii dwutorowych symetrycznych pod względem indukcyjnym napotyka pewne trudności wskutek znacznej liczby sprzężeń pomiędzy poszczególnymi przewodami i torami. Jak wiadomo z literatury [1], model takiej linii został opracowany i ma kształt widełek (rys. 11). Jednak wobec niesymetrycznej budowy tego modelu jego zastosowanie jest w pewnym stopniu ograniczone. Dla wykorzystania tego modelu do analizy dowolnych zwarć niesymetrycznych oraz do badań przekładników model ten powinien być uzupełniony urządzeniem do wymuszania rozprylu składowej zerowej prądu w obydwu torach albo odpowiednio przekształcony.

W następnych rozdziałach rozszerzymy znane dotychczas z publikacji układy modeli trójfazowych: a) na układy modeli do odtwarzania odcinków linii jednotorowych niesymetrycznych pod względem indukcyjnym, b) na układy modeli o budowie symetrycznej do odtwarzania odcinków linii dwutorowych o torach symetrycznych pod względem indukcyjnym oraz c) na układy modeli do odtwarzania źródeł napięcia zasilających transformatory o rozmaitych grupach połączeniowych.

2. Linia jednotorowa symetryczna pod względem indukcyjnym.

Rozpatrzmy dowolny odcinek linii jednotorowej symetrycznej pod względem indukcyjnym, włączony obustronnie do układu elektroenergetycznego (rys. 1), przy czym założmy dowolny rozptyw prądów $\hat{I}_a$, $\hat{I}_b$, $\hat{I}_c$, płynących w przewodach faz a , b i c tego odcinka linii. Suma tych prądów jest, oczywiście, równa prądowi $\hat{I}_z$ płynącemu w fikcyjnym przewodzie

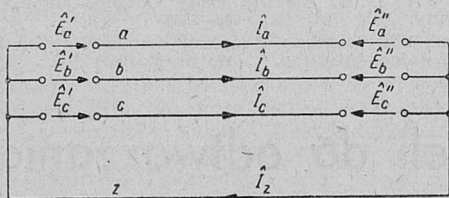


Rys. 1. Schemat odcinka linii jednotorowej trójfazowej

ziemnopowrotnym z w przeciwnym kierunku, co można wyrazić następującą zależnością:

$$(1) \quad \hat{I}_a + \hat{I}_b + \hat{I}_c = \hat{I}_z.$$

W rozptywie prądów odcinka między punktami M i N nic się nie zmieni, jeżeli w punktach M i N wyciąć ten odcinek z pozostałej sieci i doprowadzić w tych punktach siły elektromotoryczne $\hat{E}'_a, \hat{E}'_b, \hat{E}'_c, \hat{E}''_a, \hat{E}''_b, \hat{E}''_c$, równe poprzednio panującym napięciom między tymi punktami a ziemią. Otrzymamy wtedy schemat zastępczy pokazany na rys. 2.



Rys. 2. Schemat zastępczy odcinka linii według rys. 1

Z kolei wprowadzmy następujące oznaczenia:

X_{aa} — oporność indukcyjna przewodu fazowego a spowodowana indukcyjnością własną tego przewodu,

X_{ba} — oporność indukcyjna przewodu fazowego a spowodowana oddziaływaniem na ten przewód przewodu fazowego b ,

X_{ca} — oporność indukcyjna przewodu fazowego a spowodowana oddziaływaniem na ten przewód przewodu fazowego c ,

X_{za} — oporność indukcyjna przewodu fazowego a spowodowana oddziaływaniem na ten przewód przewodu ziemnopowrotnego z *) (jest ona, oczywiście, równa oporności indukcyjnej X_{az} przewodu ziemnopowrotnego spowodowanej oddziaływaniem na ten przewód przewodu fazowego a),

X_{zz} — oporność indukcyjna przewodu ziemnopowrotnego z , spowodowana indukcyjnością własną tego przewodu,

X_{bz} — oporność indukcyjna przewodu ziemnopowrotnego z , spowodowana oddziaływaniem na ten przewód przewodu fazowego b ,

X_{cz} — oporność indukcyjna przewodu ziemnopowrotnego z , spowodowana oddziaływaniem na ten przewód przewodu fazowego c ,

R — oporność czynna dowolnego przewodu fazowego,

R_z — oporność czynna przewodu ziemnopowrotnego.

Zastosujmy teraz III prawo Kirchhoffa do pętli złożonej z przewodu fazowego a oraz przewodu ziemnopowrotnego.

Strata napięcia w tej pętli da się wyrazić w następujący sposób:

$$(2) \quad \Delta \hat{U}_{az} = \hat{E}'_a - \hat{E}''_a = \hat{I}_a R + j(\hat{I}_a X_{aa} + \hat{I}_b X_{ba} + \hat{I}_c X_{ca} - \hat{I}_z X_{za}) + \hat{I}_z R_z + j(\hat{I}_z X_{zz} - \hat{I}_a X_{az} - \hat{I}_b X_{bz} - \hat{I}_c X_{cz}).$$

Ponieważ linia jest symetryczna pod względem indukcyjnym, istnieją następujące zależności:

$$(3) \quad X_{az} = X_{bz} = X_{cz} = X_{za}.$$

Uwzględniając zależność (3) możemy wyrugować z równości (1) i (2) sumę prądów $\hat{I}_b + \hat{I}_c$. W wyniku prostych przekształceń otrzymamy wtedy następujący wzór na stratę napięcia $\Delta \hat{U}_{az}$:

$$(4) \quad \Delta \hat{U}_{az} = \hat{I}_a [R + j(X_{aa} - X_{ba})] + \hat{I}_z [R_z + j(X_{zz} + X_{ba} - 2X_{za})].$$

Tę samą stratę napięcia w pętli złożonej z przewodu fazowego a oraz z przewodu ziemnopowrotnego z można wyrazić przy pomocy składowych symetrycznych prądu w następujący sposób:

$$(5) \quad \Delta \hat{U}_{az} = \hat{I}_1 \hat{Z}_1 + \hat{I}_2 \hat{Z}_2 + \hat{I}_0 \hat{Z}_0,$$

gdzie $\hat{I}_1, \hat{I}_2, \hat{I}_0$ — składowe symetryczne prądu $\hat{I}_a$, a $\hat{Z}_1, \hat{Z}_2, \hat{Z}_0$ — oporności pętli $a - z$ dla składowych symetrycznych.

Biorąc pod uwagę następujące zależności:

$$(6) \quad \hat{Z}_1 = \hat{Z}_2,$$

$$(7) \quad \hat{I}_a = \hat{I}_1 + \hat{I}_2 + \hat{I}_0,$$

$$(8) \quad \hat{I}_0 = \frac{\hat{I}_a + \hat{I}_b + \hat{I}_c}{3} = \frac{\hat{I}_z}{3},$$

możemy związek (5) przedstawić w następującej postaci:

$$(9) \quad \Delta \hat{U}_{az} = \hat{I}_a \hat{Z}_1 + \hat{I}_z \frac{\hat{Z}_0 - \hat{Z}_1}{3}.$$

Z porównania wzorów (4) i (9) otrzymujemy następujące zależności pomiędzy opornościami dla składowych symetrycznych oraz opornościami poprzednio wprowadzonymi:

$$(10) \quad \hat{Z}_1 = R_1 + jX_1,$$

$$(11) \quad \hat{Z}_0 = R_0 + jX_0,$$

$$(12) \quad R_1 = R,$$

$$(13) \quad X_1 = X_{aa} - X_{ba},$$

$$(14) \quad R_0 = R + 3R_z,$$

$$(15) \quad X_0 = X_{aa} + 3X_{zz} + 2X_{ba} - 6X_{za}.$$

We wzorach (4) względnie (9) występują tylko dwa prądy, a mianowicie prąd rozpatrywanej fazy a oraz prąd płynący w przewodzie ziemnopowrotnym z ; wskazuje to na możliwość zastąpienia odcinka linii podanego na rys. 2 modelem przedstawionym na rys. 3, nie zawierającym sprzężeń pomiędzy poszczególnymi przewodami.

Na tego rodzaju modelu można odtwarzać wszelkiego rodzaju zwarcia symetryczne i niesymetryczne, bezpośrednio lub pośrednio (za pośrednictwem oporności czynnych), przy czym można na drodze obliczeniowej lub na drodze pomiarowej wyznaczać rozptyw prądów w sieci oraz przebieg napięć międzyprzewodowych i napięć względem ziemi.

Model odcinka linii jednotorowej symetrycznej, podany na rys. 3, nie jest jedynym możliwym rozwiązaniem zagadnienia zmodelowania tego odcinka. Istnieje duża różnorodność modeli różniących się układem połączeń. Na rys. 4 przedstawiono jeden z przykładów innego rozwiązania, w którym przewód ziemnopowrotny jest zmodelowany bezoporowo, natomiast

oporność $\frac{\hat{Z}_0 - \hat{Z}_1}{3}$, odpowiadająca oporności przewodu ziemnopowrotnego, została przeniesiona do obwodu wtórnego ukła-

*) Przewód ziemnopowrotny jest to przewód, którym można zastąpić ziemię i ewentualne elementy uzziemione, (np. przewody odgromowe, płaszcz kabla), przez które przepływa potrójna składowa zerowa prądu.

du 3 przekładników prądowych o przekładni 1:1, połączonych w gwiazdę i stanowiących filtr dla składowej zerowej prądu.

Jest możliwe również przeniesienie do obwodu wtórnego przekładników prądowych nie całej oporności z obwodu pierwotnego, lecz tylko jej dowolnej części. Można np. z przewodu ziemnopowrotnego przenieść do obwodu wtórnego samą

tylko oporność bierną $\frac{X_0 - X_1}{3}$, natomiast oporność czynna

$\frac{R_0 - R_1}{3}$ może pozostać w przewodzie ziemnopowrotnym.

Sprawa modeli sieciowych wiąże się ze sprawą straty napięcia w przewodzie ziemnopowrotnym. W modelu sieci według rys. 3 strata napięcia występuje w przewodzie ziemno-

powrotnym, a w modelu według rys. 4 nie występuje. Obydwa wnioski są jednakowo słuszne, gdyż pojęcie straty napięcia jest pojęciem względnym i nic nie stoi na przeszkodzie uważać, że w przewodzie ziemnopowrotnym występuje lub nie występuje strata napięcia.

Obydwa modele podane na rys. 3 i 4 są pod względem teoretycznym zupełnie poprawne, praktycznie jednak biorąc model podany na rys. 3 jest lepszy jako prostszy. Należy zaznaczyć, że wprowadzanie do modelu przekładników prądowych jest źródłem pewnych niedokładności, gdyż przekładniki mają własną oporność oraz własny pobór mocy.

Na rys. 5 podano schemat modelu, w którym wszystkie oporności czynne i biernie zostały przeniesione na stronę wtórną przekładników prądowych. Schemat ten ma znaczenie tylko teoretyczne, gdyż tego rodzaju przeniesienie oporności na stronę wtórną spowodowałoby zwiększenie mocy przekładników prądowych, a więc zwiększenie nakładu materiałowego i kosztu modelu, a nie dałoby w zamian żadnych korzyści.

Dotychczas rozpatrywane były linie, które można było zmodelować przy pomocy oporności czynnych i oporności biernych indukcyjnych. W pewnych przypadkach może się okazać konieczne dodatkowe zmodelowanie pojemności linii. Zagadnienie to nie napotyka żadnych trudności wobec tego, że oporność pojemnościowa ma charakter oporności poprzecznej.

Na rys. 6 przedstawiono model pojemnościowy, złożony z trzech pojemności połączonych w gwiazdę oraz z jednej pojemności C_z , łączącej punkt zerowy układu pojemności poprzednich z ziemią (z przewodem ziemnopowrotnym).

Każda z pojemności połączonych w gwiazdę jest równa pojemności C_1 dla składowej zgodnej, natomiast pojemność doziemna C_z może być łatwo wyznaczona z następującej zależności, wyrażającej dla obwodu składowych zerowych równoznaczność układu podanego na rys. 6 z układem trzech pojemności C_0 dla składowej zerowej, połączonych w gwiazdę pomiędzy przewody fazowe i wspólny punkt zerowy układu:

$$(16) \quad \frac{1}{3C_0} = \frac{1}{3C_1} + \frac{1}{C_z}$$

Stąd otrzymamy wzór na C_z :

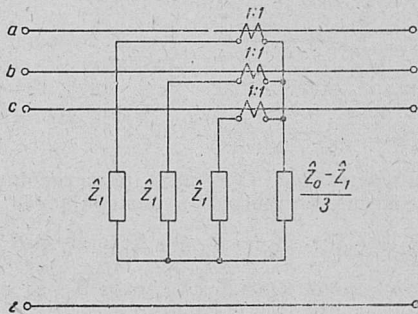
$$(17) \quad C_z = \frac{3C_1C_0}{C_1 - C_0}$$

Układ tych pojemności może być przyłączony do modelu odcinka linii podanego na rys. 3 na jego początku, końcu lub częściowo na początku i częściowo na końcu (układ π).

Oczywiście, nic nie stoi na przeszkodzie zmodelowaniu przewodności pojemnościowych w inny sposób, np. przy pomocy sześciu pojemności, z których trzy połączone w gwiazdę odpowiadałyby pojemnościom poszczególnych przewodów fazowych względem ziemi, a pozostałe trzy połączone w trójkąt pojemnościom międzyfazowym.

3. Linia jednorowera niesymetryczna pod względem indukcyjnym.

Rozpatrzmy odcinek linii jednorowerowej niesymetrycznej pod względem indukcyjnym stanowiącej część układu elektroenergetycznego (rys. 1). Linie tę można zastąpić schematem zastęp-

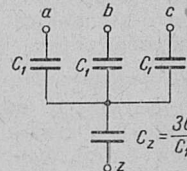


Rys. 5. Schemat modelu linii trójfazowej jednorowerowej symetrycznej nie zawierającego oporności w przewodach fazowych oraz w przewodzie ziemnopowrotnym

czym podanym na rys. 2 podobnie jak dla linii symetrycznej pod względem indukcyjnym. Ograniczmy się do rozpatrzenia warunków pracy tej linii, gdy suma prądów w przewodach fazowych jest równa zero, tj. gdy nie płynie żaden prąd w przewodzie ziemnopowrotnym. Założenie to będzie słuszne dla obciążeń symetrycznych i niesymetrycznych oraz wszelkiego rodzaju zwarć symetrycznych i niesymetrycznych bez udziału ziemi. Warunek ten możemy napisać w następującej formie:

$$(18) \quad \hat{I}_z = \hat{I}_a + \hat{I}_b + \hat{I}_c = 0$$

W dalszych rozważaniach dla oznaczenia poszczególnych oporności indukcyjnych będziemy używali symbolu X zaopatrzonego w dwa znaczki literowe u dołu z prawej strony, odnoszące się do poszczególnych przewodów fazowych podobnie jak w poprzednich rozważaniach. Pierwsza litera znacz-



Rys. 6. Schemat układu pojemności przyłączonych do końców modelu odcinka linii trójfazowej symetrycznej

nika dotyczy przewodu oddziaływającego indukcyjnie, a druga litera przewodu poddanego oddziaływaniu indukcyjnemu. Oporności czynne przewodów fazowych a , b i c oznaczmy odpowiednio symbolami R_a , R_b i R_c .

Zastosujmy teraz III prawo Kirchhoffa do pętli złożonej z dwóch dowolnych przewodów fazowych, np. przewodu fazowego a i przewodu fazowego b . Stratę napięcia w tej pętli można wyrazić w następujący sposób:

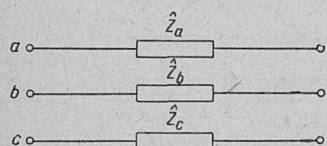
$$(19) \quad \begin{aligned} \Delta \hat{U}_{ab} &= \hat{E}'_a - \hat{E}''_a + \hat{E}''_b - \hat{E}'_b = \\ &= \hat{I}_a R_a + j(\hat{I}_a X_{aa} + \hat{I}_b X_{ba} + \hat{I}_c X_{ca}) + \\ &- \hat{I}_b R_b - j(\hat{I}_b X_{bb} + \hat{I}_a X_{ab} + \hat{I}_c X_{cb}) = \\ &= \hat{I}_a R_a - \hat{I}_b R_b + j\hat{I}_a (X_{aa} - X_{ab}) + \\ &- j\hat{I}_b (X_{bb} - X_{ba}) - j\hat{I}_c (X_{cb} - X_{ca}). \end{aligned}$$

Biorąc pod uwagę zależność (18) można z równości (19) wyrugować prąd $\hat{I}_c$. Uwzględniając w dalszym ciągu, że $X_{ab} = X_{ba}$, $X_{bc} = X_{cb}$ i $X_{ca} = X_{ac}$, otrzymamy w wyniku następujący wzór na stratę napięcia w przewodach fazowych a i b :

$$(20) \quad \Delta \hat{U}_{ab} = \hat{I}_a [R_a + j(X_{aa} - X_{ab} + X_{bc} - X_{ca})] + \\ - \hat{I}_b [R_b + j(X_{bb} - X_{bc} + X_{ca} - X_{ab})].$$

W analogiczny sposób można wyznaczyć stratę napięcia w fazach b i c oraz w fazach c i a .

Ze wzoru (20), w którym występują tylko dwa prądy, $\hat{I}_a$ oraz $\hat{I}_b$, wynika, że linię jednotorową niesymetryczną pod względem indukcyjnym można przedstawić przy pomocy układu trzech oporności pozornych nie zawierającego sprzężeń. Otrzymany w ten sposób model jest przedstawiony na rys. 7. Model ten dotyczy, oczywiście, linii niesymetrycznej bez prze-



Rys. 7. Schemat modelu linii trójfazowej trójprzewodowej niesymetrycznej pod względem indukcyjnym

wodu ziemnopowrotnego. Oporności poszczególnych elementów modelu można wyznaczyć z następujących wzorów:

$$(21) \quad \hat{Z}_a = R_a + jX_a, \quad \hat{Z}_b = R_b + jX_b, \quad \hat{Z}_c = R_c + jX_c,$$

gdzie oporności indukcyjne X_a , X_b oraz X_c są zdefiniowane w sposób następujący:

$$(22) \quad X_a = X_{aa} - X_{ab} + X_{bc} - X_{ca}, \\ X_b = X_{bb} - X_{bc} + X_{ca} - X_{ab}, \\ X_c = X_{cc} - X_{ca} + X_{ab} - X_{bc}.$$

Dla przykładu obliczymy oporności indukcyjne jednostkowe (na 1 km) linii napowietrznej o przewodach z materiału niemagnetycznego. Jak wiadomo, oporności indukcyjne 1 km linii można obliczać z następujących wzorów:

$$(23, 24) \quad X_{aa} = 0,1444 \lg \frac{R}{0,78 r_a}, \quad X_{ab} = 0,1444 \lg \frac{R}{b_{ab}}$$

$$(25, 26) \quad X_{bc} = 0,1444 \lg \frac{R}{b_{bc}}, \quad X_{ca} = 0,1444 \lg \frac{R}{b_{ca}},$$

gdzie r_a oznacza promień przewodu fazy a ; b_{ab} , b_{bc} i b_{ca} — odstęp między fazami a, b , b, c oraz c, a , a R oznacza promień umyślnego cylindra współosiowego z przewodem fazy a o rozmiarach bardzo znacznych w porównaniu z odstępem przewodów.

Po podstawieniu wartości X_{aa} , X_{ab} , X_{bc} , X_{ca} do wzorów (22) otrzymamy następujące ostateczne wzory na oporności indukcyjne elementów modelu linii niesymetrycznej bez przewodu ziemnopowrotnego:

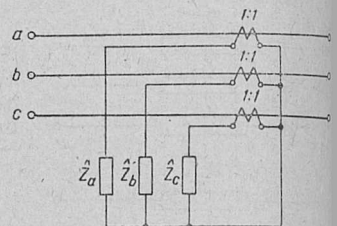
$$(27) \quad X_a = 0,1444 \lg \frac{b_{ca} b_{ab}}{0,78 r_a b_{bc}}, \quad X_b = 0,1444 \lg \frac{b_{ab} b_{bc}}{0,78 r_b b_{ca}}, \\ X_c = 0,1444 \lg \frac{b_{bc} b_{ca}}{0,78 r_c b_{ab}}.$$

Wzory te wyprowadzono dla przypadku ogólnego, a więc w założeniu, że przewody poszczególnych faz mają niejednakowy promień. Tego rodzaju założenie dla linii trójfazowych bez przewodu ziemnopowrotnego jest zbędne, gdyż zawsze wykonywa się przewody poszczególnych faz z tego samego materiału i o tym samym przekroju. Uogólnienie powyższe może jednak znaleźć zastosowanie przy rozpatrywaniu układu złożonego z dwóch przewodów fazowych i przewodu zerowego o odmiennym przekroju, lub układu złożonego z dwóch przewodów fazowych i przewodu ziemnopowrotnego. Z tym ostatnim układem spotykamy się np. w przypadku pracy dwufazowej sieci najwyższego napięcia po nieuda-

łym samoczynnym ponownym włączeniu jednofazowym. Dla przypadku tego można jednak zastosować bezpośrednio układ zastępczy podany na rys. 3 z pominięciem jednego z przewodów fazowych.

W ten sposób można zmodelować linię jednotorową niesymetryczną trójprzewodową. Zmodelowanie w podobny sposób linii jednotorowej czteroprzewodowej napotyka trudności wskutek zbyt dużej liczby sprzężeń międzyprzewodowych.

Na rys. 8 przedstawiono schemat modelu linii jednotorowej trójprzewodowej niesymetrycznej w odmiennym wykonaniu, charakteryzującym się przeniesieniem wszystkich oporności na stronę wtórną przekładników prądowych. Schemat ten ma jedynie teoretyczne znaczenie, gdyż schemat według rys. 7 jest bez wątpienia lepszy wskutek swej prostoty.

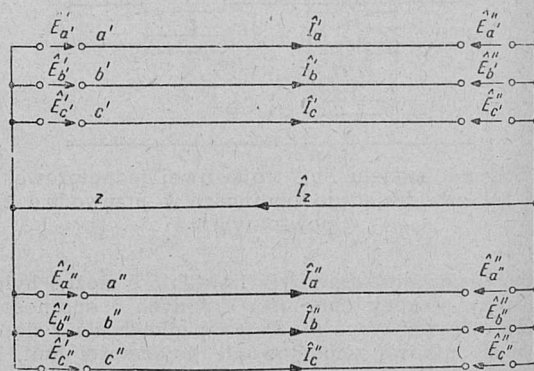


Rys. 8. Schemat modelu linii trójfazowej trójprzewodowej niesymetrycznej pod względem indukcyjnym, nie zawierający oporności w przewodach fazowych

Układ zastępczy linii podany na rys. 7 może być z powodzeniem wykorzystany do rozwiązania wszelkich zagadnień związanych z obliczeniem elektrycznym linii trójfazowych trójprzewodowych niesymetrycznych pod względem indukcyjnym, a więc do wyznaczania rozplywu prądów, obliczania strat i spadków napięcia i strat mocy w liniach obciążonych w sposób dowolny, symetrycznie lub niesymetrycznie, np. w szynoprzewodach. Układ ten można również wykorzystać do celu obliczania prądów i mocy zwarciovych w przypadku dowolnego rodzaju zwarć symetrycznych lub niesymetrycznych oraz do analizy pracy sieci w przypadku zakłóceń.

4. Linia dwutorowa o torach symetrycznych pod względem indukcyjnym.

Każdy odcinek linii dwutorowej można wyodrębnić z układu elektroenergetycznego i przedstawić w postaci podanej na rys. 9, gdzie usunięte części układu elektroenergetycznego zostały zastąpione siłami elektromotorycznymi $\hat{E}'_a, \hat{E}'_b, \hat{E}'_c, \hat{E}''_a, \hat{E}''_b, \hat{E}''_c$, włączonymi pomiędzy przewody fazowe $a', b', c', a'', b'', c''$ i przewód ziem-



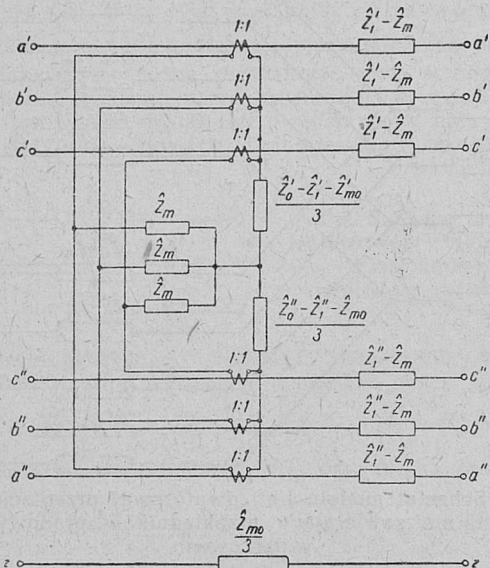
Rys. 9. Schemat zastępczy odcinka linii dwutorowej

nopowrotny z z obydwu stron rozpatrywanego odcinka linii dwutorowej. Wartości tych sił elektromotorycznych zostały wybrane równe poprzednio panującym w tych punktach napięciom przewodów poszczególnych faz względem ziemi, dzięki czemu rozplyw prądów $\hat{I}'_a, \hat{I}'_b, \hat{I}'_c, \hat{I}''_a, \hat{I}''_b, \hat{I}''_c$ w linii dwutorowej nie uległ zmianie.

W dalszych rozważaniach dla oznaczenia poszczególnych oporności indukcyjnych będziemy używali symbolu X zaopatrzonego u dołu z prawej strony w dwa znaczki literowe, dotyczące poszczególnych przewodów fazowych obu torów $a', b', c', a'', b'', c''$ oraz przewodu ziemnopowrotnego z . Podobnie jak poprzednio pierwsza litera znacznika będzie dotyczyła przewodu oddziaływającego indukcyjnie, a druga litera — przewodu poddanego oddziaływaniu indukcyjnemu. Oporności

warunku (31); modele te muszą mianowicie być w tym celu uzupełnione urządzeniem wymuszającym odpowiedni rozptył prądów zerowych w gałęziach rozdzielonych z' , z'' przewodu ziemnopowrotnego (będzie o tym mowa w rozdz. 5).

Analiza wzoru (52) doprowadza do wniosku, że jest możliwe zmodelowanie linii dwutorowej w sposób bardziej naturalny — bez stosowania widełek — przy pomocy układu zastępczego, złożonego z 7 elementów, z których 6 odpowiadałoby przewodom fazowym toru, a siódmy — fikcyjnemu przewodowi ziemnopowrotnemu. Dla linii dwutorowej przeplecionej prawidłowo w 3 odcinkach otrzymamy wtedy układ podany na rys. 12.



Rys. 12. Schemat modelu symetrycznego linii dwutorowej przeplecionej w 3 odcinkach

Schemat podany na rys. 12 zawiera co prawda przekładniki prądowe, ale tu nie służą one do wymuszania rozptyłu prądów zerowych, lecz pracują w charakterze filtrów składowych zerowych prądów i stanowią obciążenie opornością czynną i bierną przewodów fazowych.

Jeżeli linia dwutorowa jest przepleciona w sposób eliminujący oddziaływanie na siebie indukcyjne obu torów, to schemat zastępczy dla takiej linii da się uprościć i przedstawić w postaci uwidocznionej na rys. 13. Na uwagę zasługuje okoliczność, że schemat podany na rys. 13 nie zawiera bezpośrednich sprzężeń pomiędzy obu torami, a sprzężenie tych torów dla składowej zerowej wytwarza się jedynie za pośrednictwem wspólnego przewodu ziemnopowrotnego, w którym została włączona oporność $\frac{Z_{mo}}{3}$. Schemat ten może być zastosowany również dla odtworzenia linii przeplecionych w trzech odcinkach, ale będzie on wtedy schematem przybliżonym, gdy schemat według rys. 12 jest schematem ściśle odtwarzającym taką linię.

Jedną z cech, odróżniających schematy zastępcze linii dwutorowych od schematów zastępczych dla linii jednotorowych, jest obecność w tych pierwszych oporności indukcyjnych X_{mo} i X_m , odpowiadających sprzężeniom indukcyjnym między obu torami. W związku z tym interesujące byłoby wyznaczenie wartości tych oporności, a zwłaszcza wartości oporności

$\frac{Z'_o - Z'_1 - Z_{mo}}{3}$ oraz $\frac{Z''_o - Z''_1 - Z_{mo}}{3}$, które powodują obciążenie strony wtórnej przekładników prądowych włączonych w przewody poszczególnych faz układu zastępczego.

Jak wynika z przeróbek matematycznych przy wyprowadzaniu wzoru (52), w danym przypadku oporności czynne nie wchodzi w rachubę, a poszukiwane oporności indukcyjne mogą być określone przy pomocy następujących związków:

$$(54) \quad \frac{X'_o - X'_1 - X_{mo}}{3} = X_{b'a'} - X_{b''a'} - X_{a'z} + X_{a''z},$$

$$(55) \quad \frac{X''_o - X''_1 - X_{mo}}{3} = X_{b''a''} - X_{b'a''} - X_{a''z} + X_{a'z}.$$

Jeżeli założymy, że obydwa tory znajdują się w identycznych warunkach względem ziemi, to w podanych wyżej wzorach ostatnie dwa składniki dają w sumie zero. Oporności $X_{b'a'}$ oraz $X_{b''a''}$ mogą być zdefiniowane przy pomocy następujących zależności:

$$(56) \quad X_{b'a'} = 0,1444 \lg \frac{R}{b_{b'a'}},$$

$$(57) \quad X_{b''a''} = 0,1444 \lg \frac{R}{b_{b''a''}},$$

gdzie R oznacza promień umyślnego cylindra współosiowego o rozmiarach bardzo znacznych w porównaniu z odstępami przewodów, a $b_{b'a'}$ oraz $b_{b''a''}$ są to średnie geometryczne odstępów pomiędzy przewodami faz b' i a' oraz pomiędzy przewodami faz b'' i a'' .

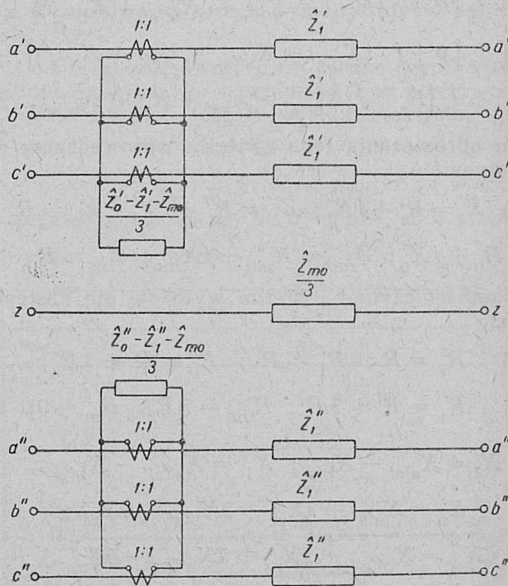
Po uwzględnieniu zależności (56) i (57) otrzymamy:

$$(58) \quad \frac{X'_o - X'_1 - X_{mo}}{3} = 0,1444 \lg \frac{b_{b''a''}}{b_{b'a'}}.$$

i analogicznie:

$$(59) \quad \frac{X''_o - X''_1 - X_{mo}}{3} = 0,1444 \lg \frac{b_{b'a'}}{b_{b''a''}}.$$

Oporności wyrażone wzorami (58) i (59) zależą od odstepu pomiędzy torami, przy czym są tym większe, im większy jest odstęp wzajemny tych torów. Jeżeli przyjąć dla stosunku odstępów, występujących pod znakiem logarytmu, wartość przeciętną równą ok. 3, to w wyniku obliczeń otrzymamy, że wartość oporności wyrażona wzorami (58) i (59) wynosi ok. 0,07 Ω/km . Wartość ta jest stosunkowo niewielka w porównaniu z wartościami oporności X_1 oraz X_0 , dzięki czemu przekładniki prądowe podane na rys. 12 i 13 mogą być zaprojektowane na stosunkowo małą moc.



Rys. 13. Schemat modelu symetrycznego linii dwutorowej przeplecionej w sposób eliminujący oddziaływanie na siebie obu torów

Należy zwrócić uwagę na podobieństwo modelu linii dwutorowej podanego na rys. 13 do modelu linii jednotorowej

według rys. 3. Oporność $\frac{Z_{mo}}{3}$ włączona do przewodu ziemnopowrotnego w modelu według rys. 13 odpowiada oporności $\frac{Z'_o - Z'_1}{3}$, włączonej do przewodu ziemnopowrotnego w modelu

według rys. 3. Wartości obu tych oporności różnią się stosunkowo nieznacznie w związku z małymi wartościami oporności określonych wzorami (58) i (59). Te ostatnie stanowią poprawkę uwzględniającą sprzężenie między obu torami dla składowej zerowej. W wielu przypadkach są one tak małe w porównaniu z opornościami Z'_1 oraz Z''_1 , że mogą być

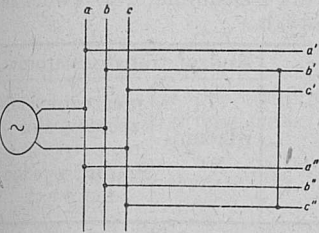
pominięte, i wtedy model podany na rys. 13 jeszcze bardziej się upraszcza, gdyż odpadają wszystkie przekładniki prądowe, a pozostaje jedynie 7 szt. elementów oporowych włączonych w przewody fazowe obydwu torów oraz w przewód ziemnopowrotny.

Jeżeli założyć, że $X'_1 = X''_1$ i ma przeciętną wartość 0,42 Ω/km oraz $X'_0 - X''_0 = 5X'_1$, to ze wzoru (58) otrzymamy na X'_{mo} wartość ok. 1,47 Ω/km.

Pozostaje do omówienia sprawa oporności X_m . Na podstawie wzoru (51) można tę oporność określić w sposób następujący:

(60)
$$X_m = 0,1444 \lg \frac{b_{b''a'}}{b_{a''a'}}$$

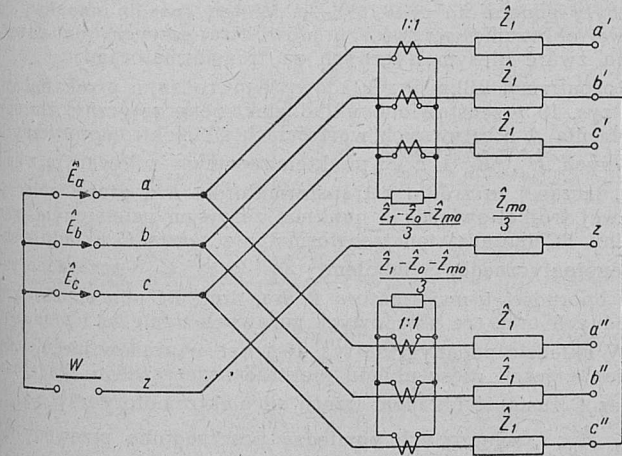
Pod znakiem logarytmu występuje tu stosunek dwóch średnich geometrycznych odstępów między przewodami różnych torów,



Rys. 14. Schemat linii dwutorowej zasilanej jednostronnie, w której wystąpiło zwarcie pomiędzy dwoma przewodami różnoimiennymi faz różnych torów

a mianowicie stosunek średniego geometrycznego odstepu przewodów różnych faz różnych torów do średniego geometrycznego odstepu przewodów tej samej fazy różnych torów. W przypadku przeplecenia linii dwutorowej w sposób eliminujący oddziaływanie indukcyjne obydwu torów będzie oczywiście $b_{b''a'} = b_{a''a'}$ i wtedy $X_m = 0$. W przypadku przeplecenia linii dwutorowej w 3 odcinkach dla przeciętnych warunków można założyć w przybliżeniu, że stosunek tych odstępów wynosi ok. 1,1. Stąd na X_m otrzymamy wartość rzędu 0,006 Ω/km. Wartość ta jest tak niewielka, iż może być nieomal zawsze pominięta, wobec czego w zasadzie w większości przypadków dla linii dwutorowych wystarczy stosować układ podany na rys. 13.

Dla wykazania przydatności schematów zastępczych dla linii elektroenergetycznych przeprowadzimy poniżej przykładowe obliczenia wartości prądu zwarciegowego dla przypadku zwar-



Rys. 15. Schemat zastępczy linii dwutorowej według rys. 14

cia dwufazowego pomiędzy przewodami różnoimiennymi faz różnych torów w linii dwutorowej zasilanej jednostronnie ze źródła (rys. 14).

W celu rozwiązania tego zagadnienia wykorzystamy model podany na rys. 13, tak, że układ podany na rys. 14 da się przedstawić w postaci podanej na rys. 15. Wyłącznik W znajduje się w stanie otwartym lub zamkniętym w zależności od tego, czy źródło zasilające pracuje z izolowanym czy z uziemionym punktem zerowym.

Po zastosowaniu drugiego prawa Kirchhoffa dla obwodu złożonego z przewodów $b'c''$ otrzymamy bezpośrednio:

$$\begin{aligned} \hat{E}_b - \hat{E}_c &= \hat{I} \left(\hat{Z}_1 + \frac{\hat{Z}_0 - \hat{Z}_1 - \hat{Z}_{mo}}{3} + \hat{Z}_1 + \frac{\hat{Z}_0 - \hat{Z}_1 - \hat{Z}_{mo}}{3} \right) = \\ &= \hat{I} \left[2\hat{Z}_1 + \frac{2(\hat{Z}_0 - \hat{Z}_1 - \hat{Z}_{mo})}{3} \right], \end{aligned}$$

skąd

$$\hat{I} = \frac{3(\hat{E}_b - \hat{E}_c)}{2(2\hat{Z}_1 + \hat{Z}_0 - \hat{Z}_{mo})}.$$

W tabl. I podano przeciętne wartości stosunku X_0/X_1 dla linii jedno- i dwutorowych.

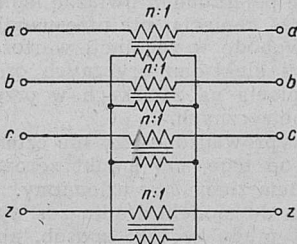
Tablica I. Wartości X_0/X_1 dla linii elektroenergetycznych

Lp.	Wyszczególnienie	X_0/X_1
1	Linie napowietrzne 1-torowe	3 — 5
2	Linie napowietrzne 2-torowe	4 — 6
3	Kable jednożyłowe i ekranowane	1
4	Kable trójżyłowe z izolacją rdzeniową	3 — 5

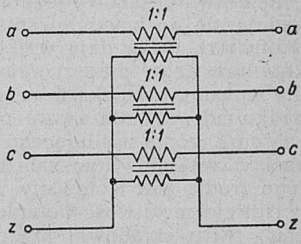
5. Sieci o złożonej konfiguracji.

Z poszczególnych odcinków sieciowych, zmodelowanych według zasad podanych w rozdziałach 2, 3 i 4, można zestawiać modele sieci bardziej skomplikowanych, np. pierścieniowych lub węzłowych.

Przy modelowaniu sieci pierścieniowych należy pamiętać o pewnej właściwości modeli tych sieci polegającej na tym, że suma prądów w zmodelowanych przewodach fazowych danego toru może nie być równa prądowi zmodelowanemu w przewodzie ziemnopowrotnym tego toru. Aby zabezpieczyć się przed tego rodzaju ewentualnością nieprawidłowego roz-



Rys. 16. Schemat układu 4 transformatorów prądowych wymuszających sumę prądów równą zeru w czterech przewodach modelu linii jednotorowej



Rys. 17. Schemat układu 3 transformatorów prądowych wymuszających sumę prądów równą zeru w czterech przewodach modelu linii jednotorowej

plywu prądów ziemnozwarciowych w modelu, należy — w przypadku stwierdzenia tej nieprawidłowości — w odpowiednich wybranych punktach modelu zastosować dodatkowe urządzenia, wymuszające prawidłowy rozpliw tych prądów. Do tego celu służą tzw. transformatoriki wymuszające.

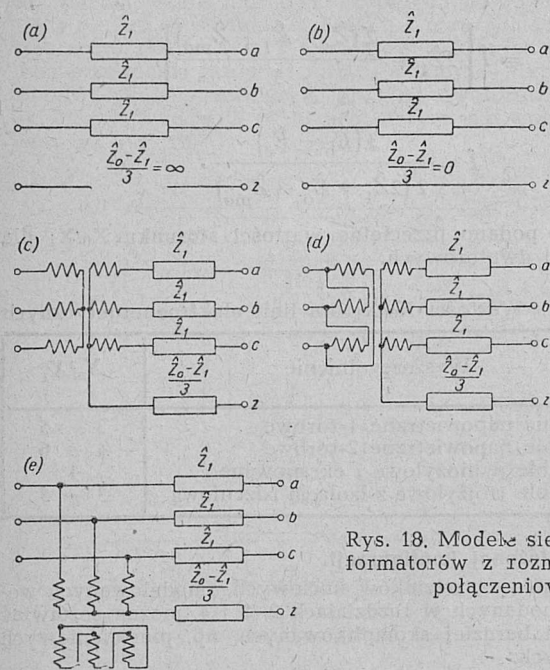
Na rys. 16 podano jeden z przykładowych rozwiązań układu połączeń transformatorów wymuszających rozpliw. Wadą tego układu jest konieczność stosowania 4 szt. przekładników prądowych. Jeżeli zastosować przekładniki o przekładni 1:1, to można zrezygnować z przekładnika znajdującego się w przewodzie ziemnopowrotnym i przewody wtórne włączyć wprost do tego przewodu. Otrzymamy układ podany na rys. 17 — korzystniejszy od poprzedniego.

Transformatoriki wymuszające są elementem kłopotliwym i dlatego należy ich unikać w modelach, a stosować je tylko w przypadku stwierdzenia na drodze pomiarów, że rozpliw prądów w przewodach ziemnopowrotnych jest nieprawidłowy.

6. Źródła napięcia.

Modele sieciowe są zasilane przy pomocy odpowiednio zmodelowanych źródeł napięcia, które powinny być elektrycznym obrazem prądnic synchronicznych oraz sieci łączącej prądnice z transformatorami. Źródła te odtwarzają zazwy-

czaj przy pomocy przesuwników fazowych i transformatorów regulacyjnych zasilanych z sieci trójfazowej lub bezpośrednio z prądnic synchronicznych. W ten sposób istnieje możliwość regulowania wartości i kąta fazowego napięć względnie sił elektromotorycznych źródeł napięcia.



Rys. 18. Modele sieciowe transformatorów z rozmaitych grup połączeniowych

- (a) Transformator z grupy Yy lub Dd
(b) Transformator z grupy Yy z uziemionymi obustronnie punktami zerowymi
(c) Transformator z grupy Yy o uziemionym po stronie odbiorczej punkcie zerowym
(d) Transformator z grupy Dy o uziemionym punkcie zerowym
(e) Schemat zastępczy transformatora równoznaczny schematowi (c)

Przesuwniki fazowe jednofazowe połączone w gwiazdę lepiej nadają się do zmodelowania źródeł napięcia niż przesuwniki trójfazowe, gdyż dają większą swobodę w regulacji wartości kąta fazowego poszczególnych sił elektromotorycznych oraz nie powodują zniekształcenia napięcia na zaciskach w przypadku odtwarzania zwarć niesymetrycznych.

Model źródła zasilającego ma wprowadzone trzy lub cztery zaciski wyjściowe w zależności od tego, czy punkt zerowy tego źródła jest izolowany względem ziemi, czy uziemiony.

Istnieje możliwość dobudowania do modelu źródła zasilającego filtra składowej przeciwnej prądu w taki sposób, aby umożliwić zmodelowanie sił elektromotorycznych o różniących się opornościach X_1 i X_2 dla składowych zgodnych i przeciwnych napięcia i prądu.

7. Transformatory.

Modele elementów sieciowych mogą być z sobą łączone przy pomocy modeli transformatorowych. Schemat na rys. 18a odpowiada transformatorowi z grupy połączeniowej Yy lub Dd. Może on służyć również i do zmodelowania transformatora z grupy połączeniowej Yd lub Dy, przy czym nie zostanie zmodelowane przesunięcie fazowe między wektorami napięć po obydwu stronach transformatora. Sprawa ta jest jednak na ogół drugorzędного znaczenia.

Do zmodelowania transformatora może być, oczywiście, wykorzystany odpowiednio dobrany transformator.

Na rys. 18b podano model transformatora z grupy połączeniowej Yy z uziemionymi punktami zerowymi po obydwu stronach transformatora.

Na rys. 18c i d podano schematy modeli transformatorów z grup połączeniowych Yy oraz Dy o uziemionym punkcie zerowym po stronie odbiorczej. Schematy te składają się z dwóch części. Jedna zawiera „idealny” transformator bez strat mocy czynnych i biernych, druga zaś zawiera wszystkie oporności wzdlużne transformatora. Na uwagę zasługuje okoliczność, że siły elektromotoryczne wzniesane w uzwojeniach idealnego transformatora nie zawierają składowej zerowej, składowa zaś zerowa straty napięcia w transformatorze wystę-

puje na oporności $\frac{\hat{Z}_0 - \hat{Z}_1}{3}$ umieszczonej w przewodzie ziemnopowrotnym.

Na rys. 18e podano schemat zastępczy transformatora równoznaczny schematowi 18c, lecz różniący się od tego ostatniego usunięciem transformatora idealnego oraz wprowadzeniem transformatora pomocniczego o wtórnym uzwojeniu trójkątowym zwartym, służącego do wymuszania prawidłowego rozprawy składowej zerowej prądu w układzie w przypadku zwarcia z ziemią po stronie odbiorczej transformatora.

Schemat zastępczy transformatora podany na rys. 18e może oczywiście służyć do odtwarzania transformatora z grupy połączeniowej Yy z trzecim uzwojeniem połączonym w trójkąt. Nadaje się on również do odtworzenia transformatora z grupy połączeniowej Dy, jeżeli oczywiście zrezygnuje się z odtworzenia przesunięcia fazowego pomiędzy wektorami napięć obustron tego transformatora i założy się, że transformator jest zasilany napięciem sztywnym.

W tabl. III podano zestawienie wartości oporności biernej wzdlużnej X_0 dla składowych zerowych transformatorów o rozmaitych grupach połączeniowych.

Tablica II. Wartości X_0/X_1 dla transformatorów dwuuzwojeniowych

Grupa połączeniowa transformatorów	Rodzaj transformatorów	
	rdzenio- we	plaszczowe lub zestawy złożone z transformatorów jedno- fazowych
Trójkąt/gwiazda uziem.	0,8–0,9	1
Gwiazda/gwiazda uziem.	4,5–5,5	∞^2
Gwiazda/gwiazda	∞	∞^3
Trójkąt/trójkąt	∞	∞
Gwiazda uziem./gwiazda uziem.	1	1 ³
Gwiazda uziem./gwiazda/trójkąt ¹⁾	0,8–0,9 ³⁾	1

¹⁾ Z dodatkowym uzwojeniem kompensacyjnym połączonym w trójkąt.

²⁾ Transformatory bez uzwojenia kompensacyjnego nie są stosowane.

³⁾ W stosunku do oporności X_1 między uzwojeniem roboczym, w którym płynie składowa zerowa prądu, i uzwojeniem kompensacyjnym trójkątowym.

Na szczególną uwagę zasługuje zagadnienie przekształcenia modelu transformatora wraz z zasilającą go częścią układu elektroenergetycznego w taki sposób, aby przy niezmiennym po stronie odbiorczej transformatora rozprawy prądów uniknąć kłopotliwych elementów sprzęgających magnetycznie, które były podane na rys. 18 c–e. W ten sposób umożliwi się łatwe obliczanie wartości prądów zwarcia i innych wielkości przy dowolnych zwarć niesymetrycznych za transformatorami.

Rozpatrzmy kilka przykładów tego rodzaju przekształceń. Na rys. 19 przedstawiono układ elektroenergetyczny, złożony ze źródła A o sztywnych wartościach sił elektromotorycznych równych $\hat{E}_a'$, $\hat{E}_b'$ i $\hat{E}_c'$ z punktem zerowym izolowanym, z linii AB, łączącej to źródło z transformatorem B z grupy połączeniowej trójkąt-gwiazda z punktem zerowym uziemionym oraz z linii BC łączącej ten transformator z resztą C układu elektroenergetycznego. Symbolami $\hat{Z}_1'$ oraz $\hat{Z}_0''$ oznaczono sumy oporności transformatora B oraz linii BC dla składowych zgodnych oraz dla składowych zerowych napięcia i prądu.

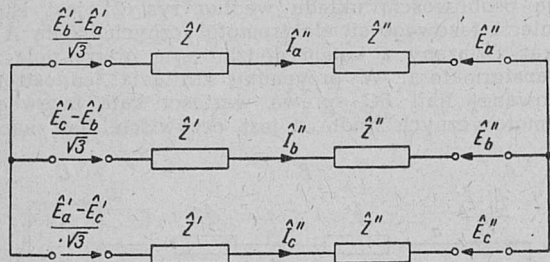
W układzie podanym na rys. 19 rozprawy prądów nie ulegnie zmianie, jeżeli część układu elektroenergetycznego oznaczoną przez C zastąpić układem trzech sił elektromotorycznych $\hat{E}_a''$, $\hat{E}_b''$, $\hat{E}_c''$, włączonych pomiędzy poszczególne przewody fazowe i przewód ziemnopowrotny i równych poprzednio napięciom w tym punkcie napięciom poszczególnych przewodów fazowych względem ziemi. Otrzymamy wtedy układ zastępczy podany na rys. 20.

Założmy zupełnie dowolny rozprawy prądów $\hat{I}_a''$, $\hat{I}_b''$, $\hat{I}_c''$, $\hat{I}_z''$, związany jedynie następującą zależnością:

$$(61) \quad \hat{I}_a'' + \hat{I}_b'' + \hat{I}_c'' = \hat{I}_z''.$$

Zagadnienie polega na opracowaniu modelu dla części układu AB wraz z transformatorem B w możliwie prosty sposób tak jednak, aby rozprawy prądów w linii BC nie uległy zmianie.

Bieg obliczeń przy wyznaczaniu rozprywu prądów zwarcio-
wych jest taki sam, jaki podano wyżej przy rozpatrywaniu
układu z rys. 21. Wobec tego, że w danym przypadku po
stronie gwiazdowej transformatora nie ma przewodu ziemno-
powrotnego, można prądy po stronie zasilania wyznaczyć ko-
rzystając z zależności (64), która jest słuszna zarówno dla
transformatorów o grupie połączeniowej Dy, jak i dla trans-
formatorów o grupie połączeniowej Yd.



Rys. 23. Schemat zastępczy układu według rys. 22

Nieco odmiennie przekształca się układ zasilający transfor-
mator z grupy Yy z punktem zerowym uziemionym po stronie
odbiorczej transformatora oraz zaopatrzonej w trzecie uzwoje-
nie kompensacyjne (rys. 24).

Dla układu tego, w którym przyjęto dla uproszczenia jedna-
kowe liczby zwojów każdego z uzwojeń, można napisać na-
stępujące zależności:

$$(73) \quad \hat{I}'_b \hat{Z}'_1 - \hat{I}'_c \hat{Z}'_1 = \hat{E}'_b - \hat{E}'_c + \hat{E}'_c - \hat{E}'_c,$$

$$(74) \quad \hat{I}'_c \hat{Z}'_1 - \hat{I}'_a \hat{Z}'_1 = \hat{E}'_c - \hat{E}'_a + \hat{E}'_a - \hat{E}'_a,$$

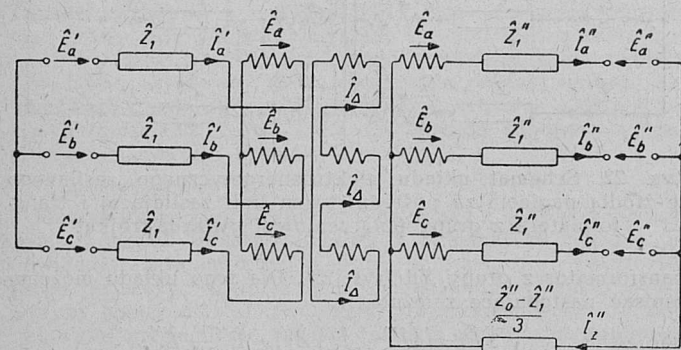
$$(75) \quad \hat{I}'_a + \hat{I}'_b + \hat{I}'_c = 0,$$

$$(76) \quad \hat{E}_a = \hat{I}'_a \hat{Z}'_1 + \hat{I}''_z \frac{\hat{Z}''_0 - \hat{Z}'_1}{3} + \hat{E}''_a,$$

$$(77) \quad \hat{I}''_a + \hat{I}''_b + \hat{I}''_c = \hat{I}''_z,$$

$$(78, 79, 80) \quad \hat{I}'_a + \hat{I}_\Delta = \hat{I}''_a, \quad \hat{I}'_b + \hat{I}_\Delta = \hat{I}''_b, \quad \hat{I}'_c + \hat{I}_\Delta = \hat{I}''_c.$$

W celu wyrugowania prądów $\hat{I}'_a$, $\hat{I}'_c$ z równań (73), (74)
i (75) do równania (73) dodajemy równanie (74) pomnożone



Rys. 24. Schemat zasilania układu elektroenergetycznego za pośrednictwem linii zasilającej i transformatora o przekładni 1:1:1 z grupy połączeniowej gwiazda-gwiazda uziemiona z trzecim uzwojeniem kompensacyjnym

przez 2 oraz równanie (75) pomnożone przez $-\hat{Z}'_1$. W wyniku otrzymamy:

$$(81) \quad -3 \hat{I}'_a \hat{Z}'_1 = -3 \hat{E}'_a + (\hat{E}'_a + \hat{E}'_b + \hat{E}'_c) + 3 \hat{E}'_a - (\hat{E}'_a + \hat{E}'_b + \hat{E}'_c).$$

Ponieważ oporność transformatora $\frac{\hat{Z}''_0 - \hat{Z}'_1}{3}$ została wydzie-
lona na zewnątrz, istnieje zależność

$$(82) \quad \hat{E}_a + \hat{E}_b + \hat{E}_c = 3 \hat{E}_0 = 0.$$

Jeżeli ponadto weźmiemy pod uwagę zależność

$$(83) \quad \hat{E}'_a + \hat{E}'_b + \hat{E}'_c = 3 \hat{E}'_0,$$

to związek (81) da się przedstawić w następującej prostej po-
staci:

$$(84) \quad \hat{E}'_a - \hat{E}'_0 = \hat{I}'_a \hat{Z}'_1 + \hat{E}_a.$$

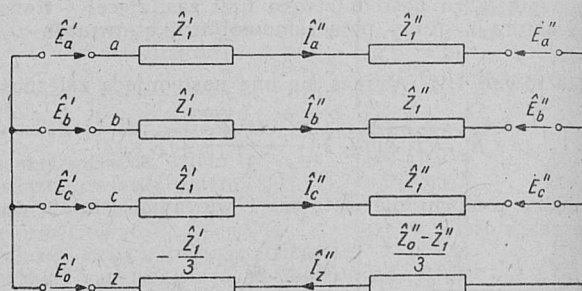
Po dodaniu równań (78), (79) i (80) otrzymamy związki:

$$(85, 86) \quad \hat{I}_\Delta = \frac{\hat{I}''_z}{3}, \quad \hat{I}'_a = \hat{I}''_a - \frac{\hat{I}''_z}{3}.$$

Po podstawieniu do równania (84) wartości na $\hat{I}'_a$ oraz $\hat{E}_a$
ze związków (86) i (76) otrzymamy następującą zależność:

$$(87) \quad \hat{E}'_a - \hat{E}'_0 = \hat{I}''_a (\hat{Z}'_1 + \hat{Z}'_1) + \hat{E}''_a + \hat{I}''_z \frac{\hat{Z}''_0 - \hat{Z}'_1}{3} + \hat{I}''_z \left(-\frac{\hat{Z}'_1}{3} \right).$$

Wzór ten wskazuje nam na możliwość zastąpienia układu
według rys. 24 układem podanym na rys. 25. Układ ten za-

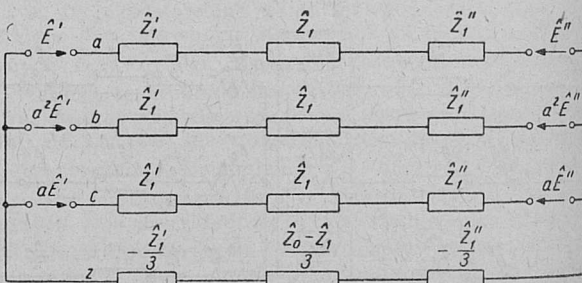


Rys. 25. Schemat zastępczy układu według rys. 24

wiera podobnie jak na rys. 21 ujemną oporność $-\frac{\hat{Z}'_1}{3}$ w prze-
wodzie ziemnopowrotnym.

Najczęściej siła elektromotoryczna zasilająca układ nie ma
składowej zerowej, wobec czego $\hat{E}'_0 \neq 0$ i układ zastępczy
upraszcza się.

Układy zastępcze uzyskane wyżej mogą znaleźć zastosowa-
nie do analizy przebiegów zwarcio-
wych oraz do badania przebiegów elektroenergetycznych w przypadkach, kiedy chce-
my uwzględnić oporność wewnętrzną źródła, zasilającego za
pośrednictwem transformatora sieć, w której przewiduje się
powstanie zakłócenia.



Rys. 26. Schemat modelu odwzorowującego dwie elektrownie połączone linią sprężgową za pośrednictwem transformatorów podwyższających napięcie z grupy połączeniowej trójkąt-gwiazda

Układy te nadają się również do analizowania zagadnień
związanych ze współpracą elektrowni. W przypadku np. współ-
pracy dwóch elektrowni, połączonych linią sprężgową za po-
średnictwem transformatorów podwyższających napięcie, otrzy-
mamy układ zastępczy modelowy, podany na rys. 26. W przy-
padku zastosowania po obydwu stronach linii sprężgowej
transformatorów o jednakowych grupach połączeniowych od-
pada potrzeba odwzorowania przesunięcia fazowego pomiędzy
siłami elektromotorycznymi obu tych źródeł.

8. Zakres stosowania modeli sieciowych trójfazowych

Modele sieciowe opisane w poprzednich rozdziałach mogą znaleźć zastosowanie do obliczania strat i spadków napięcia, jak również strat mocy, do analizy przebiegu prądów i napięć w przypadku wszelkiego rodzaju zwarć niesymetrycznych oraz do badania przełączników.

Dowolne — nawet bardzo skomplikowane — rodzaje zwarć niesymetrycznych, np. zwarcia podwójne z ziemią w linii dwutorowej, mogą być z łatwością zmodelowane. Jeżeli zwarcie jest nie bezpośrednie, lecz za pośrednictwem oporności przejściowej, to nic nie stoi na przeszkodzie, aby dodatkowo zmodelować oporność przejścia i przyłączyć ją do modelu.

Modele sieciowe trójfazowe mogą znaleźć bardzo szerokie zastosowanie do badania przełączników, np. przełączników odległościowych, różnicowych lub kierunkowych. Pozwalają one na natychmiastowe zmodelowanie rozmaitych stanów nienormalnej pracy sieci, np. dowolnych zwarć, zerwania przewodów, pracy dwufazowej, oraz dadzą odpowiedź dotyczącą zachowania się przełącznika w podanych przypadkach załączeń układu. Przy pomocy modeli sieciowych trójfazowych można przeprowadzać również i bardziej skomplikowane badania, np. badania wpływu obciążenia wstępnego, oporności przejściowej w punkcie zwarciovym, kołysań sieciowych na pracę przełączników.

Rzecz jasna, że w celu zastosowania modeli sieciowych do badania przełączników należy je zasilić odpowiednio zmode-

lowanymi źródłami napięcia za pośrednictwem modeli transformatorów. Parametry elementów modeli sieciowych nie muszą być równe parametrom rozpatrywanych odcinków sieciowych. Korzystnie jest parametry elementów modelu przełożyć na najbardziej odpowiednie wartości napięć i prądów. W przypadku np. wybrania dla modelu napięcia zasilającego równego 100 V możliwe jest przyłączenie obwodów napięciowych przełącznika do modelu wprost bez przekładników napięciowych pośredniczących. Podobnie obwody prądowe przełącznika mogą być przyłączone do modelu bezpośrednio lub za pośrednictwem przekładników prądowych o przekładni 5 A/5A lub 10A/10A.

Przy pomocy modeli sieciowych trójfazowych można odwzorować dowolną, nawet bardzo skomplikowaną, sieć elektroenergetyczną.

Dalszym zastosowaniem modeli trójfazowych może być wykorzystanie ich do badania warunków pracy równoległej elektrowni w przypadkach załączeń niesymetrycznych, np. zwarć niesymetrycznych, przerwy w jednym z przewodów, pracy dwufazowej itp.

LITERATURA

- [1] Kimbark E. W. Network-Analyser Solution of Multiple Unbalances (A. I. E. E., 1937, str. 1476)
- [2] Kimbark E. W. Two Phase Co-ordinates of a Three Phase Circuit (A. I. E. E., 1939, str. 894)
- [3] Harder E. L. Sequence Network Connections for Unbalanced Load and Fault Conditions (Electric Journal, 1939, str. 481)

Sprawozdanie z działalności SEP za II kwartał 1955 roku

Wyniki działalności SEP w II kwartale b. r. podane w tablicy są oparte na sprawozdaniach 17 oddziałów, gdyż 8 oddziałów znowu nie wywiązało się na czas ze swego obowiązku dostarczenia sprawozdań w wyznaczonym terminie. Aby otrzymać obraz działalności całego stowarzyszenia, trzeba było dla tych opóźniających się oddziałów założyć niektóre wyniki lub oprzeć się na sprawozdaniach z ubiegłych okresów.

Pomyślnym objawem jest stały wzrost liczby kół zakładowych i ich członków. Mamy obecnie już ponad 10 tys. członków w kołach, a tylko nieco ponad 2 tysiące należy do SEP bezpośrednio, nie mając w swoich zakładach pracy zorganizowanych kół.

Wyniki różnych akcji prowadzonych przez SEP są na ogół pomyślne; w różnych dziedzinach przekroczony już został poważnie plan roczny. Obawy nasuwa tylko niedostateczna liczba odczytów, organizowanych przez oddziały. Aby plan uzgodniony z zarządami oddziałów wykonać, musiałoby w II półroczu odbyć się 3-krotnie więcej odczytów, niż w pierwszej połowie roku.

Są jednak Oddziały, które poza wykonaniem kwartalnego planu pracy zorganizowały jeszcze poważne imprezy, a mianowicie:

Oddział Jeleniogórski — naradę na temat automatyzacji elektrowni wodnych;

Oddział Krakowski — wspólnie z Instytutem Energetyki i ZPBS dwudniową naukowo-techniczną Naradę Budownictwa Sieciowego;

Oddział Lubelski — wojewódzką naradę elektryków i łączności, poświęconą zagadnieniom obniżki kosztów własnych i rozwojowi wynalazczości pracowniczej, połączonej z przeglądem najwartościowszych udoskonaleń i usprawnień racjonalizatorskich oraz KT i R;

Oddział Mazurski — naradę z udziałem przedstawicieli Wojewódzkiej Komisji Planowania Gospodarczego w sprawie opracowania 5-letniego planu problemowego rozwoju środków łączności i energetyki; zgodnie z uzyskanymi wytycznymi członkowie Zarządu Oddziału opracowali i przekazali do WKPG plan rozwoju łączności na lata 1956—1960.

Poza działalnością terenową kół i oddziałów SEP szereg prac wykonano przez organy centralne Stowarzyszenia. Najważniejsze z nich to zorganizowanie 4 konferencji i narad naukowo-technicznych: 1) Konferencja transformatorowa w Łodzi, 2) Konferencja w sprawie sprzętu oświetleniowego, 3) Narada w sprawie założeń do serii silników komutatorowych małej mocy, 4) Konferencja budownictwa sieciowego w Krakowie.

Należy też zanotować udział 3-osobowej delegacji PKOśw w Kongresie Międzynarodowej Komisji Oświeceniowej w Zurychu.

1. Dane ogólne	Początek okresu	Koniec okresu	Stosunek procentowy	
Członkowie	12185	12440	102	
Oddziały	25	25	100	
Koła zakładowe	353	360	101,9	
Członkowie kół	9924	10128	102	
2. Szkolenie	Liczba imprez w kwartale	Wykonanie planu rocznego (%)	Liczba uczestników	
Odczyty organ. przez zarządy oddziałów	10	26,5	537	
Odczyty organ. przez koła zakładowe	258	59,0	7546	
Kursy organ. przez zarządy oddziałów	20	129,0	645	
Kursy organ. przez koła zakładowe	128	236,0	2491	
Narady techniczne	306	134,0	6344	
Opieka nad bibliotekami	133	78,2	—	
Wystawy racjonalizatorskie	19	361,0	—	
Wycieczki zorganizowane	64	72,5	1497	
Wycieczki przyjęte	44	270,0	1266	
Prenumerata czasopism	2122 egz.	86	—	
3. Wynalazczość robotnicza i zobowiązania	Liczba	Wykonanie planu rocznego	Liczba uczestników	Wartość (tys. zł)
Brygady robotniczo-inżynierskie nowoorganizowane	42	133	97	—
Członkowie SEP w KT i R	2309	105	2309	—
Projekty racjonalizatorskie	633	65	454	13304
Zabowiązania indywidualne	1443	605	—	422
Zobowiązania zespołowe	969	79	2548	1437

BIULETYN INSTYTUTU ELEKTROTECHNIKI

Rok IX — nr 9

Warszawa, Piękna 68

Wrzesień 1955 r.

Zakład Automatyki i Miernictwa Elektrycznego

KRAJOWE URZĄDZENIA TELEMETRII BLISKOSIĘŻNEJ

1. Wstęp.

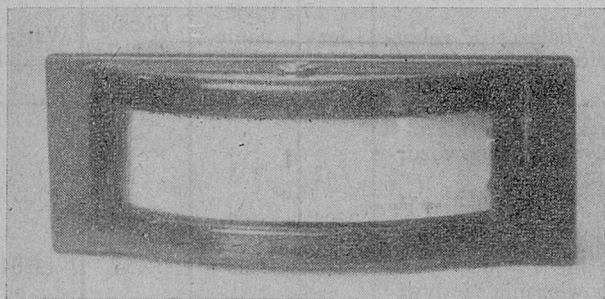
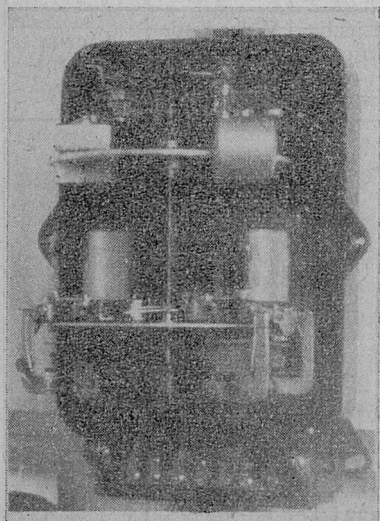
W czerwcu 1953 r. ukazała się w Biuletynie Instytutu Elektrotechniki (Przegl. Elektr., 1953, zesz. 6, str. 261) krótka notatka o opracowanych przez Zakład Automatyki i Miernictwa urządzeniach do zdalnego pomiaru napięcia, mocy i poziomu wody w zbiornikach retencyjnych. Notatka ta spowodowała napływ dużej ilości zapytań, zamówień na dokumentację, względnie gotowe urządzenia, i przyczyniła się do poinformowania zainteresowanych o pracach w dziedzinie telemetrii bliskosiężnej, prowadzonych w Instytucie Elektrotechniki.

W międzyczasie — w ciągu ubiegłych dwóch lat — Zakład Automatyki i Miernictwa Elektrycznego IEL pracował w dalszym ciągu nad urządzeniami do przenoszenia na małe odległości wskazań przy pomiarze mocy, prądu, częstotliwości, sumy energii elektrycznej, kontrolowanej przez cztery liczniki, oraz ciśnienia pary. Jednocześnie trwały próby eksploatacyjne prototypów opracowanych urządzeń, zainstalowanych w przeważającej części w Elektrowni Warszawskiej. Próby te potwierdziły słuszność wybranych metod pomiarowych oraz rozwiązań konstrukcyjnych wykonanych urządzeń, ponieważ dotychczas prócz wymiany bareterów w stabilizatorach nie zaszła potrzeba przeróbek lub naprawy czynnej od dwóch lat aparatury.

Założenia przy budowie wymienionych urządzeń były analogiczne, jak przy pierwszych prototypach, a mianowicie: a) ciągłość pomiaru, b) przenoszenie wskazań na drodze galwanicznej, c) prostota układu, d) możliwość wykonania urządzeń przez drobne warsztaty i zakłady, co jest szczególnie ważne, ponieważ dotychczas żadne zakłady wytwórcze nie produkują tych urządzeń seryjnie. Starano się zatem, aby wszystkie elementy, wchodzące w skład aparatów, były bądź dostępne na rynku, bądź możliwe do wykonania przez przeciętne wyposażone warsztaty elektromechaniczne.

2. Pomiar wielkości elektrycznych.

Pomiar mocy. Do przenoszenia wskazań przy pomiarze mocy opracowano dwa układy: pierwszy przy pomocy licznika 3-fazowego, drugi przy pomocy watomierza 3-fazowego 2-układowego.

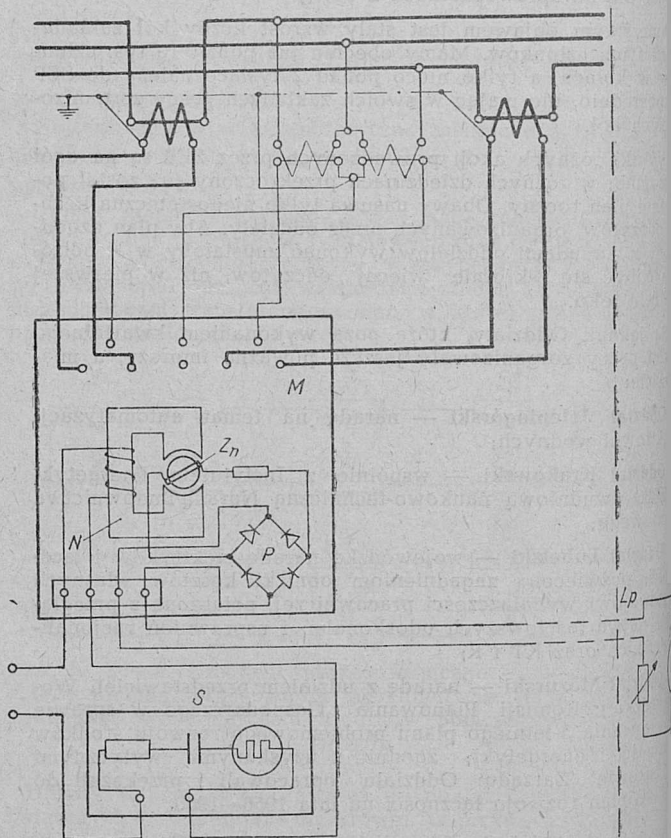


Rys. 1. Pomiar mocy przy pomocy licznika 3-fazowego

Pierwszy układ jest pokazany na rys. 1. Składa się on z 3-fazowego licznika energii w układzie Arona — produkcji Zakładów Wytwórczych Aparatury Precyzyjnej A 6 — do pomiaru energii czynnej o dowolnym zakresie prądowym i napięciowym (w wykonaniu instytutowym — licznik transformatorowy na 100 V, 5 A). Licznik ten zamiast zwykłej górnej tarczy aluminiowej ma tarczę z płaskim uzwojeniem. Odbiornikiem jest mikroamperomierz magnetoelektryczny produkcji krajowej Zakładów Wytwórczych Przyrządów Pomiarowych A 3.

Dodatkowa tarcza, umocowana na wspólnej osi z układem ruchomym licznika, obraca się w szczelinie silnego magnesu trwałego. Jej płaskie uzwojenie służy do wytwarzania siły elektromotorycznej, przekazywanej przez linię przesyłową do odbiornika, natomiast okładzina aluminiowa — do wytwarzania momentu hamującego układu ruchomego. W porównaniu z normalną pracą licznika 3-fazowego 2-układowego przerobiony z niego nadajnik ma jako licznik nieco większą stałą w tym celu, aby uzyskać jak największą siłę elektromotoryczną, indukowaną w dodatkowym uzwojeniu. Powstająca siła elektromotoryczna jest ściśle proporcjonalna do prędkości obrotowej układu ruchomego, a zatem do mocy kontrolowanego obiektu. Odbiornik mierzy jej wartość i wskazuje ją na skali, wywzorcowanej w kilowatach. Szczegółowa analiza pracy takiego nadajnika oraz projekt konstrukcji urządzenia podane są w dokumentacji technicznej Zakładu Automatyki i Miernictwa EL., nr 53/09 Z.

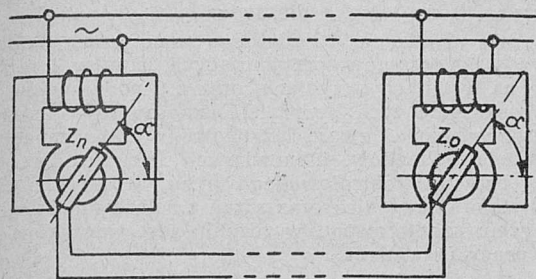
Drugie rozwiązanie zdalnego pomiaru mocy jest pokazane na rys. 2. Pomiar odbywa się w tym przypadku przy pomocy watomierza (lub waromierza M , jeśli trzeba mierzyć moc bierną). Miernik ten jest jednocześnie wykorzystany jako nadajnik N , ponieważ w jego obudowie na płycie podstawowej



Rys. 2. Pomiar mocy przy pomocy watomierza 3-fazowego 2-układowego

M — watomierz lub waromierz
 N — nadajnik
 Z_n — zwojnica
 S — stabilizator
 L_p — linia przesyłowa
 O — odbiornik

umocowano element, przetwarzający ruch obrotowy układów ruchomych watomierza na proporcjonalną do niego siłę elektromotoryczną. Element ten składa się z obwodu elektromagnetycznego, wytwarzającego stabilizowany (przez stabilizator S) strumień magnetyczny zmienny. W polu tym jest umieszczona zwojnica Z_n o dużej liczbie zwojów, której po-



Rys. 3. Odmienna budowa nadajnika

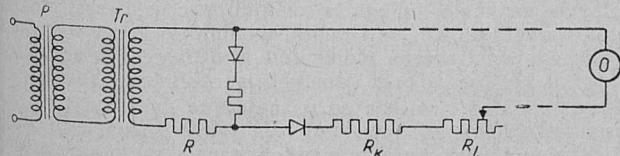
Z_n — zwojnica nadajnika
 Z_o — zwojnica odbiornika

łożenie zależy od położenia wskazówki watomierza, a zatem od wartości mocy mierzonej. W zwojnicy indukuje się zmienna siła elektromotoryczna o wartości proporcjonalnej do mocy mierzonej przez watomierz. W obwodzie zwojnicy, do którego przylacza się linię przesyłową L_p i odbiornik O, płynie prąd, prostowany przez zespół prostowników kuprytowych P. Odbiornik O może być zatem miliamperomierzem magnetoelektrycznym, a w linii przesyłowej płynie prąd stały.

Przy nadajniku powyższego rodzaju budowę odbiornika można rozwiązać jeszcze innym sposobem, jak podano na rys. 3. Odbiornik jest tu identyczny z elementem nadającym. Jego zwojnica Z_o znajduje się w takim samym polu magnetycznym, jak zwojnica nadajnika Z_n , i wskutek tego przy zmianach położenia ceweczki nadającej ustawia się ona natychmiast w takim samym położeniu, co pozwala na przeniesienie pomiaru na odległość. W układzie takim w linii przesyłowej w stanie ustalonym prąd nie płynie. W przypadku tym unika się elementu prostującego, a poza tym nie występuje zupełnie wpływ wahań temperatury i napięcia zasilającego na dokładność wskazań. Jest to jednak uzyskane kosztem dodatkowej pary przewodów do zasilania uzwojenia wzbudzającego odbiornika, ponieważ napięcie pomocnicze dla nadajnika i dla odbiornika musi być identyczne pod względem wartości, fazy i częstotliwości. Dokładność takiego urządzenia jest lepsza od opisanych poprzednio i zależy wyłącznie od dokładności watomierza, mierzącego moc, kontrolowaną zdalnie.

Dokumentacja techniczna urządzenia, pokazanego na rys. 2 jest opracowana przez Instytut Elektrotechniki (Zakład Automatyki i Miernictwa pod nr 53/06 Z.).

Pomiar prądu zmiennego. Urządzenie do pomiaru prądu zmiennego z odległości kilku kilometrów pracuje w układzie analogicznym, jak przy pomiarze napięcia,



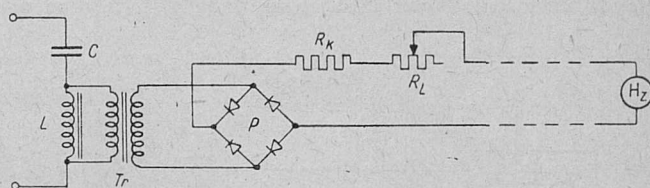
Rys. 4. Schemat nadajnika i połączenie z odbiornikiem

P — przekładnik prądowy
Tr — transformator
 R_K , R_L — oporniki

podanym w Przeglądzie Elektrotechnicznym (1953, z. 6, str. 261). Schemat nadajnika i połączenie z odbiornikiem pokazane są na rys. 4. P — oznacza przekładnik prądowy, którego uzwojenie pierwotne włączone jest w obwód kontrolowany. We wtórnym uzwojeniu płynie prąd 5 A przy znamionowej wartości prądu pierwotnego. Prąd ten przepływa przez pierwotne uzwojenie transformatora Tr, którego zadaniem jest podwyższenie napięcia, prostowanego i przesyłanego linią kablową do odbiornika O. Odbiorniki R_K i R_L mają na celu kompensację wpływu temperatury na oporność linii oraz dają możliwość przystosowania wywzorcowanego odbiornika do linii o różnych opornościach.

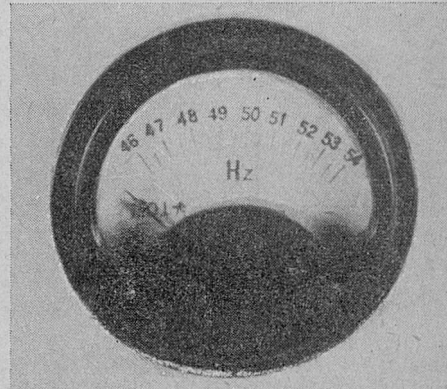
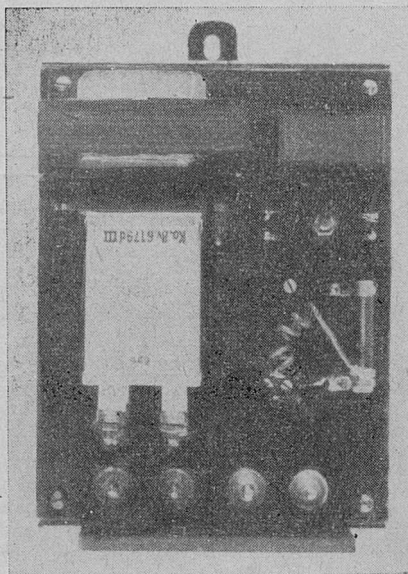
Wszystkie elementy, jak kształtki transformatorowe, płytki prostownikowe, kadłuby oporów, można nabyć na rynku krajowym lub wykonać prostymi środkami w niewielkich warsztatach.

Pomiar częstotliwości. Następną wielkością elektryczną, której zdalny pomiar został rozwiązany, jest częstotliwość. Zagadnienie pomiaru zdalnego częstotliwości



Rys. 5. Pomiar częstotliwości

nie jest w zasadzie zagadnieniem specjalnym. Wystarczałoby dobrać odpowiednie częstotliczniki wskazówkowe lub języczkowe i uruchomić je z odległości przy pomocy normalnego łącza kablowego teletechnicznego. Ponieważ jednak obecnie w kraju częstotliczniki ani języczkowe, ani wskazówkowe nie są produkowane, temat pracy z konieczności



Rys. 6a i 6b. Nadajnik i odbiornik pomiaru częstotliwości

przekształcił się w zagadnienie opracowania prototypu prostego częstotlicznika z możliwością zastosowania go do pomiarów zdalnych. Opracowano urządzenie, działające na zasadzie ferorezonansu w obwodzie z kondensatorem i dławikiem. Układ taki ma zaletę względnej niezależności od wahań napięcia zasilającego; odbiornikiem wskazań jest w tym przypadku woltomierz napięcie na dławiku, wycechowany w hercach i mierzący napięcie na dławiku, zależnie od częstotliwości doprowadzonego do układu napięcia.

Ponieważ zakres pomiaru częstotliwości jest niewielki (46—54 Hz), dla polepszenia dokładności nadaje się sprężynę zwracającą miernika naciąg wstępny tak, że zerowe położenie wskazówki wypada przy 46 Hz, natomiast przy 50 Hz wskazówka stoi pośrodku skali. Schemat układu pomiarowego pokazano na rys. 5, skalę odbiornika — na rys. 6b.

Dokładność pomiaru wynosi, jak dla innych urządzeń do pomiarów zdalnych, około 3%. Dokumentacja Zakładu Auto-

matyki i Miernictwa Nr 53/17 Z podaje analizę pracy układu, charakterystyki wybranych elementów, ich rysunki konstrukcyjne oraz montażowe. Na jej podstawie można zbudować urządzenie do pomiaru częstotliwości w zakresie 46 — 54 Hz przy napięciu zasilającym 220 V. Wpływ wahan napięcia o $\pm 10\%$ wywołuje dodatkowy uchyb $\pm 0,5\%$. Zakres pomiaru może być w prosty sposób rozszerzony, jeśli byłaby potrzeba dokonywania pomiaru w innych warunkach.

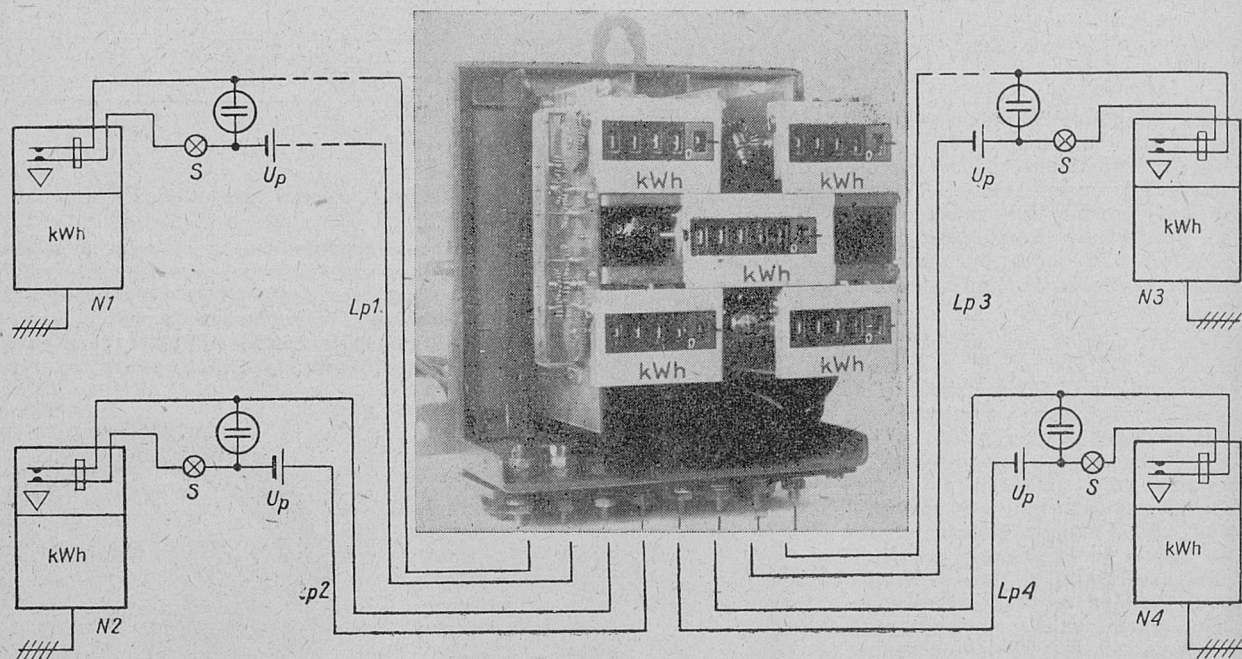
Pomiar sumarycznej energii elektrycznej. Zagadnienie sumowania zdalnego energii elektrycznej, odbieranej lub dostarczanej w różnych punktach sieci energetycznej, jest szczególnie ważne w dobie rozbudowy i rozwoju sieci, obejmujących rozległe okręgi. Mierzenie na odległość ma zasadnicze znaczenie dla pracy ośrodków rozrządczych, sterowania odległymi podstacjami, rozdziału obciążeń oraz współpracy sieci.

Wobec braku krajowej aparatury telemetrycznej opracowano urządzenie, służące do zdalnego pomiaru i sumowania energii elektrycznej przy wykorzystaniu niektórych gotowych elementów produkcji krajowej. Podstawową wytyczną przy budowie urządzenia była, jak zawsze, możliwość wykonania

Impulsy prądu powstają na skutek zamykania obwodu odbiornika i linii przesyłowej, zasilanego pomocniczym napięciem stałym 110 V. Dwie lampki sygnalizacyjne — neonówka i żarówka 24-woltowa, umieszczone w sposób, pokazany na rys. 7 — służą do kontroli prawidłowości pracy układu. Przy normalnym stanie urządzenia, jeśli impuls nie jest nadawany, świeci neonówka; w czasie nadawania impulsu świeci żarówka. W przypadku uszkodzenia linii lub braku napięcia pomocniczego żadna lampka nie świeci.

Odbiornik urządzenia do zdalnego sumowania energii składa się z 4 podzespółów, przyjmujących impulsy i rejestrujących je na własnych liczydłach, oraz z 3 podzespółów, sumujących wskazania tych liczydeł. Każdy podzespół składa się z elektromagnesu ze zworą i zapadką, z kółka zapadkowego oraz układu bębneków, stanowiących liczydło dla poszczególnego obwodu kontrolowanego przez urządzenie. Elektromagnes stanowi zwojnica oraz rdzeń z żelaza miękkiego. Brak magnetyzmu szczątkowego w rdzeniu jest warunkiem prawidłowej pracy urządzenia.

Z chwilą nadania przez nadajnik impulsu popłynie przez uzwojenie elektromagnesu prąd ze źródła pomocniczego,



Rys. 7. Zdalne sumowanie energii elektrycznej

N1, N2, N3, N4 — nadajniki Lp1, Lp2, Lp3, Lp4 — linie przesyłowe S — lampka sygnalizacyjna

dalszych egzemplarzy w niewielkich warsztatach, np. w warsztatach elektrowni lub spółdzielniach pracy.

Przesyłanie pomiaru odbywa się metodą impulsową, przy czym odległość może wynosić do 20 km (oporność linii — do 600 Ω). Sumowanie wskazań poszczególnych nadajników odbywa się w odbiorniku. Całkowity schemat urządzenia pokazany jest na rys. 7. Zasadniczymi jego częściami są: nadajniki (w ilości 4 dla pojedynczego odbiornika), linia przesyłowa oraz odbiornik-sumator.

Zadaniem nadajników jest pomiar energii elektrycznej czynnej lub biernej oraz wysyłanie impulsów prądu stałego, odpowiadających ściśle określonej wartości zmierzonej przez nadajnik energii. Urządzeniem tym jest 3-fazowy licznik energii elektrycznej 2- lub 3-układowy, w większości wypadków transformatorowy. Liczniki takie są produkowane przez Zakłady Wytwórcze Aparatury Precyzyjnej w Świdnicy jako modele B 1a i C 1a. Dla wysyłania impulsów należy dorozić przy liczydło element, złożony z pary styków i krzywki, od której położenia będzie zależał zamknięcie lub otwarcie styków. Budowa i układ kółek w liczydło zależy od przekładni i stałej danego modelu. W dokumentacji nr 53/29 Zakładu Automatyki i Miernictwa IET przeanalizowano dokładnie sposób dostosowania elementu nadającego impulsy do najczęściej spotykanych przekładni i opracowano konstrukcję krzywki z kontaktami tak, że zmontowanie tego elementu w wyworcowanym liczniku 3-fazowym nie wywołuje zmiany wskazań licznika.

zwora będzie przyciągnięta, a ząb zapadki popchnie kółko zapadkowe, zmieniając tym samym wskazania liczydła o 0,1 kWh. Ponieważ każdy impuls ma wartość 0,1 kWh (w opracowanej konstrukcji), liczydło odbiornika jest dokładnym odwzorowaniem liczydła licznika nadającego. Podzespółów takich jest w urządzeniu odbiorczym tyle, ile nadajników. W opracowanym urządzeniu założono sumowanie energii z czterech nadajników. Należy podkreślić, że przeniesienie pomiaru nie wprowadza żadnego uchybu, a zatem dokładność sumowania zależy wyłącznie od prawidłowej pracy liczników 3-fazowych.

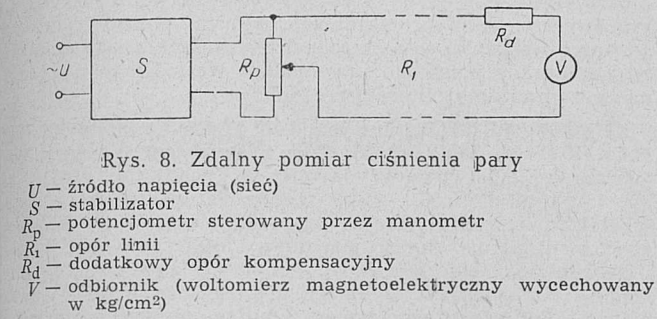
Dla opisanego urządzenia opracowana jest również szczegółowa dokumentacja, jak to wyżej nadmieniono, pozwalająca na jego wykonanie.

3. Pomiary wielkości nieelektrycznych.

Pomiar ciśnienia pary. Przy pomiarach zdalnych na małe odległości znajdują często zastosowanie metody amplitudowe jako mniej skomplikowane i wymagające do budowy urządzeń elementów, możliwych do zakupu na rynku krajowym oraz prostych w obsłudze i konserwacji.

Przy pomiarze ciśnienia pary, mając do dyspozycji znaczący stosunkowo moment obrotowy sprężyny manometru i nie potrzebując liczyć się z momentem tarcia szczotek po oporniku, możemy zastosować metodę pomiaru z nadajnikiem oporowym, najprostszą ze wszystkich metod. Jedyną wadą tej metody w przypadku korzystania ze zwykłego miernika magnetoelektrycznego jako odbiornika jest konieczność stabil-

zacji napięcia zasilającego potencjometr. Stabilizacji można uniknąć przez zastosowanie układu przesyłowego trójprzewodowego i miernika magnetoelektrycznego o skrzyżowanych zwojnach (logometru) jako odbiornika. Logometry nie są jednak na razie produkowane w kraju, wobec czego opraciliśmy swój układ na zwykłym woltomierzu magnetoelektrycznym o dużym oporze wewnętrznym (dla zmniejszenia wpływu zmian oporności linii) i dwóch przewodach przesyłowych, co stanowi dużą zaletę układu ze względu na oszczędność żył do przesyłania pomiarów.



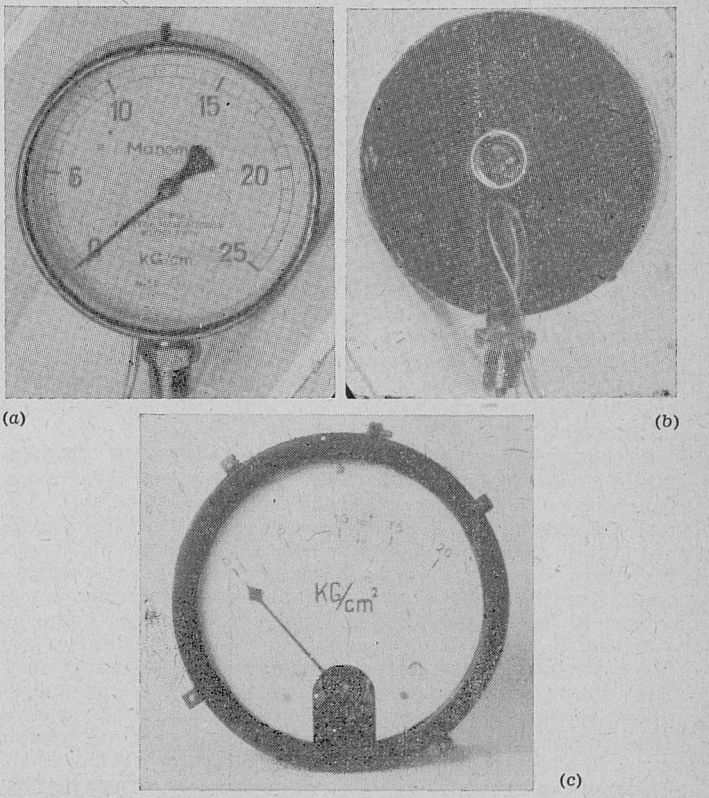
Układ pomiarowy pokazany jest schematycznie na rys. 8, a nadajnik i odbiornik — na rys. 9. Jak widać z nich, nadajnikiem jest krajowej produkcji manometr, do którego dorobiono mały potencjometr z suwakiem; oś suwaka jest sprzężona mechanicznie z osią manometru.

Do krańcowych zacisków potencjometru doprowadzono napięcie stałe stabilizowane 20 V; z suwaka i jednego krańca linia przesyłowa przenosi na odbiornik napięcie, proporcjonalne do kąta obrotu wskazówki manometru, a zatem do wartości ciśnienia. Odbiornikiem jest woltomierz magneto-elektryczny o oporności wewnętrznej ok. 4000 Ω wycechowany w kg/cm^2 . Jak widać na fotografii, skala jego ma dwa punkty zerowe: pierwszy stanowi „zero” mechaniczne i sygnalizuje brak napięcia w obwodzie pomiarowym, drugie — oznacza zerową wartość ciśnienia przy normalnej pracy urządzenia.

Szczegółowe dane urządzenia oraz opis stabilizatora zawarte są w dokumentacji nr 53/12 Z.

Opisane powyżej urządzenia telemetryczne pozwalają przenieść na małe odległości wszystkie wielkości elektryczne, dla których może zająć potrzeba pomiaru zdalnego. Jak wykazuje praktyka, dokładność, czułość oraz trwałość urządzeń zadowala wymagania ośrodków rozrządnych w elektrowniach.

Jest rzeczą oczywistą, że opracowane metody mogą służyć również do przeniesienia pomiaru innych wielkości. Np. element nadający w urządzeniu dla pomiaru mocy za pośrednictwem watomierza może być wbudowany do każdego innego



Rys. 9. Nadajnik i odbiornik przy zdalnym pomiarze ciśnienia pary

(a) — manometr nadający
(b) — manometr z odsłoniętym nadajnikiem
(c) — manometr odbiorczy

miernika, w którym występuje ruch obrotowy organu ruchomego o $\sim 90^\circ$. Nadajnik oporowy może być również zastosowany do innych przyrządów pomiarowych pod warunkiem, że będą one miały dostateczny moment do pokonania tarcia suwaka o potencjometr i zapewnienia odpowiedniej dokładności pomiaru.

Mgr inż. H. Kuczyńska

Wydawnictwa nadesłane

ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ. Nr 1. Elektryka I. Redaktor Zeszytów Naukowych Politechn. Śląskiej C. Troszkiewicz, redaktor zeszytu S. Węgrzyn. 1954, Kraków, Państwowe Wydawnictwa Naukowe. Str. 76, cena zł 9,10. — Spis rzeczy: Przedmowa rektora Politechniki Śląskiej. — Od redakcji — S. Fryze. Racjonalizacja fizykalnych równań elektromagnetycznych i układów wymiarych. — W. Kołek, R. Hagel, J. Kubek. Wpływ własności szczotek oraz warunków zewnętrznych na przebiegi komutacyjne w maszynach prądu stałego. — W. Kołek. Określenie dopuszczalnej asymetrii obciążenia turbogenerators na podstawie pomiarów. S. Węgrzyn, W. Paczeńskiowski, M. Jastrzębska-Mostowska. Elektronowa stabilizacja napięcia generatorów maszynowych prądu stałego i zmiennego. — S. Węgrzyn, C. Ostrowski, W. Paczeńskiowski. Miniaturowe liczniki G-M z impulsowymi zasilaczami baterijnymi. — S. Węgrzyn, C. Ostrowski, W. Paczeńskiowski. Prosty typ ultradźwiękowego generatora kwarcowego dużej mocy. — E. Romer. Nowy typ elektrometru kwadrantowego. — Z przedmowy Rektora Politechniki Śląskiej: Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej powinny inspirować, powinny pobudzać pasję badawczą, powinny być wyrazem dążeń naukowców do jednoczenia twórczych wysiłków zespołowej pracy. Stanowiąc przegląd osiągnięć naukowych naszej uczelni, zeszyty z jednej strony świad-

czyć będą o jej poziomie, z drugiej zaś przyczynią się do wzmoczenia aktywności pracowników naukowych budząc w nich ważne dla każdego poczucie, że praca jednostek staje się własnością ogółu, że może być należycie wykorzystana, że jest społeczeństwu potrzebna. Da się to osiągnąć jedynie wtedy, gdy pracownicy naukowci włączą się w nurt życia, gdy nie będą uprawiać „nauki dla nauki”, gdy wybiorą najistotniejsze, najważniejsze dla Polski Ludowej zagadnienia i rozwiną ich treść metodą badań dialektycznych.

ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ. Nr 12. Elektryka, zes. 6. Redaktor Zeszytów Naukowych Politechn. Warszawskiej H. Śmigieński, redaktor zeszytu S. Darecki. 1955, Warszawa, Państwowe Wydawnictwo Naukowe. Str. 151, cena zł 22,50. — Spis rzeczy: A. Bragiński. Związki między charakterystykami częstotliwościowymi wzmacniaczy szerokopasmowych. — C. Pawłowski. Krajowy baryt (ciężki szpat) w zastosowaniu do rentgenowskich urządzeń ochronnych. — Dział informacyjny.

ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI WROCŁAWSKIEJ. Nr 6. Elektryka IV. Redaktor Zeszytów Naukowych Politechn. Wrocławskiej J. Skowroński, redaktor zeszytu M. Miłkowska. 1955, Wrocław, Państwowe Wydawnictwo Naukowe. Str. 100, cena 14 zł. — Spis rzeczy: Z. Bednarski, J. Łą-

c z y ń s k i. Oscylograf do badań przebiegów impulsowych. — Z. K a r k o w s k i. Elektromechaniczne impulsowe mierniki napięcia bez błędów subiektywnych. — K o s e n d i a k J. Ogniwa normalne Westona stosowane jako źródła napięcia porównawczego w stabilizatorach elektronowych. — J. H o ł o w n i a. Pomiar skuteczności filtrów przeciwzakłóceń w maszynach prądu stałego. — A. T r e t e r. Miernik poziomu zakłóceń. — J. H. Fotoefekt w diodach detekcyjnych.

GROSZKOWSKI JANUSZ, dr inż., prof. Politechniki Warszawskiej. TECHNOLOGIA WYSOKIEJ PRÓŻNI. Wyd. II poprawione i uzupełnione. 1955, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format B5, str. 350, cena zł 37. — Informacje wydawcy: Książka zawiera wiadomości związane z zagadnieniem technologii wysokiej próżni, a więc z jej wytwarzaniem (pompy), pomiarami (próżniomierze), polepszeniem (pochłaniacze) oraz utrzymywaniem (szczelność, materiały próżniowe, złącza szkła z metalem itp.). Treść tę poprzedza rozdział wstępny podający krótko podstawy technologii wysokiej próżni, a zamyka rozdział z opisami typowych elementów i różnych układów aparatury próżniowej. Książka przeznaczona jest dla inżynierów i techników mających do czynienia z technologią wysokiej próżni oraz dla osób, które studiują tę dziedzinę.

PAWŁOWSKI WŁADYSŁAW, mgr inż. STACJE TRANSFORMATOROWO-ROZDZIELCZE. Część I. 1955, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format A4, str. 247, rys. 126, cena zł 12. — Spis rzeczy: Wstęp. Wiadomości ogólne. Pojęcia podstawowe. Prądy zwarciowe i ich obliczanie. Przyrządy wysokiego napięcia. Szyny zbiorcze w rozdzielniach. Transformatory mocy. Odgromniki. — Informacje wydawcy: Książka stanowi część I pracy poświęconej budowie, eksploatacji i projektowaniu stacji transformatorowo-rozdzielczych w zakresie interesującym techników-specjalistów z tej dziedziny. W części tej są podane wiadomości podstawowe na temat budowy i działania głównych przyrządów wchodzących w skład rozdzielni oraz ich pracy zarówno w zwykłych warunkach roboczych, jak i przy zakłóceniach.

SOKALSKI KAZIMIERZ, inż. PRZEKŁADNIKI PRĄDOWE. 1955, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format A5, str. 168, cena zł 9,60. — Informacje wydawcy: W pierwszych rozdziałach książki omówiono zasadę działania, budowę i dane charakteryzujące przekładniki prądowe. Następnie omówiono przekładniki prądowe produkowane przez przemysł krajowy i zagraniczny podając ich dane znamionowe i szkice wymiarowe. Wiele miejsca poświęcono zagadnieniom prób, montażu, eksploatacji i naprawie przekładników prądowych. Książka jest przeznaczona dla elektryków zajmujących się eksploatacją i projektowaniem urządzeń rozdzielczych.

KARASIŃSKI ZBIGNIEW, mgr inż. TECHNIKA OCHRONY PRACY W ENERGETYCE. 1955, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format A5, str. 91, rys. 21, cena zł 7. — Spis rzeczy: Wstęp. Cele technicznej ochrony pracy. Metody działania w zakresie technicznej ochrony pracy. Ujemny wpływ promieniowań, niewłaściwej temperatury, wilgoci i zanieczyszczeń powietrza oraz środki zapobiegawcze. Wentylacja miejsc pracy. Technika ochrony pracy przy urządzeniach mechanicznych. Technika ochrony pracy przy kotłach parowych. Technika ochrony pracy przy urządzeniach elektrycznych. Ratownictwo. Wykaz piśmiennictwa. — Informacja wydawcy: Książka jest przeznaczona dla techników i inżynierów zatrudnionych w energetyce.

LIS BRONISŁAW, mgr inż. WSKAŹNIKI ELEKTROENERGETYCZNE ZAKŁADÓW PRZEMYSŁOWYCH. 1954, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format B5, str. 107, rys. 156, tabl. 152, cena zł 10. — Spis rzeczy: Przedmowa. Wstęp. Określenie wskaźników elektroenergetycznych oraz sposoby ich wyznaczania. — Kopalnie węgla kamiennego. — Huty żelaza. — Zakłady kopalnictwa rud żelaznych. — Zakłady przemysłu metali żelaznych. — Zakłady przemysłu budowy maszyn ciężkich. — Zakłady przemysłu obrabiarkowego. — Zakłady przemysłu maszyn elektrycznych. — Zakłady przemysłu kablowego. — Zakłady przemysłu cementowego. — Zakłady przemysłu syntezy chemicznej. — Zakłady przemysłu nieorganicznego. — Zakłady przemysłu kwasu siarkowego i nawozów fosforowych. — Zakłady przemysłu gumowego. — Zakłady przemysłu papierniczego. — Zakłady przemysłu wełnianego. — Zakłady przemysłu bawełnianego. — Zakłady przemysłu obuwicznego. — Zakłady przemysłu tytoniowego. — Zakłady przemysłu tłuszczowego. — Zakłady przemysłu chłodniczego. — Zakłady przemysłu młynarskiego. — Zakłady wodociąg-

owe (stacje pomp). — Warsztaty naprawcze i parowozownie kolejowe. — Informacje wydawcy: W książce są zestawione wyniki pomiarów wskaźników elektroenergetycznych charakteryzujących gospodarkę energetyczną w poszczególnych gałęziach przemysłu. Książka jest przeznaczona dla inżynierów projektujących elektroenergetyczne urządzenia zasilające w zakładach przemysłowych oraz dla energetyków zakładowych. — Z przedmowy. Praca mgr inż. Bronisława Lisa ze względu na zawarty w niej bogaty materiał statystyczny niewątpliwie będzie stanowiła poważny przyczynek do usprawnienia pracy energetyków zatrudnionych przy eksploatacji urządzeń zbiorczych i zasilających w zakładach przemysłowych oraz dla pracowników biur projektowych, którym pozwoli porównać wartości wskaźników elektroenergetycznych osiągane w warunkach pracy polskiego przemysłu z wartościami podawanymi w zagranicznej literaturze fachowej.

SZUMAN WITOLD, mgr inż. URZĄDZENIA POMOCNICZE ELEKTROWNI CIEPLNYCH. Tom I. Rurociągi i pompy. 1954, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format A5, str. 431, cena zł 16,50. — Spis rzeczy: Przemiana energetyczna w elektrowni. Klasyfikacja urządzeń elektrowni. Rurociągi elektrowni parowych. Normalizacja i obliczanie rur. Rodzaje i gatunki rur. Złącza rurowe. Podpory i zamocowania rurociągów. Kompensacja wydłużeń. Oddzielacze wody i odwadniacze. Budowa rurociągów. Otolina cieplna rurociągów. Osprzęt rurociągów. Bezpieczeństwo pracy przy eksploatacji rurociągów. Pompy w elektrowniach parowych. Wykaz piśmiennictwa. — Informacje wydawcy: Książka stanowi tom pierwszy pracy poświęconej urządzeniom pomocniczym elektrowni i dotyczy rurociągów oraz pomp. W dziale o rurociągach omówiono układy rurociągów, elementy, osprzęt oraz szczegóły budowy rurociągów elektrowni i sieci ciepłowniczych. W dziale o pompach podano zasady działania, charakterystyki oraz warunki pracy przy zmiennych parametrach pomp wyporowych, rotodynamicznych i ejektorów. Książka zatwierdzona do użytku szkolnictwa zawodowego w charakterze podręcznika zastępczego dla technikum energetycznego wydziału urządzeń ciepłych oraz dla wydziału gospodarki cieplnej.

BARAN IGNACY, mgr inż. SZTUCZNE OŚWIETLENIE POMIESZCZEŃ PRACY. Wyd. II. Biblioteka Ochrony Pracy. 1955, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format A5, str. 107, rys. 52, cena zł 8,50. — Informacje wydawcy: Broszura podaje teoretyczne wiadomości z zakresu zasad współczesnych źródeł światła, budowy i działania narządu wzroku na tle warunków pracy wzroku oraz praktyczne wiadomości o oprawach oświetleniowych i ich zastosowaniu, o rozmieszczeniu źródeł światła i wytyczne projektowania oświetlenia w zakładach przemysłowych. W zakończeniu broszura zawiera zestawienie zaleconych natężeń oświetlenia dla różnych gałęzi przemysłu. Broszura przeznaczona jest dla kierowników zakładów pracy i personelu technicznego bhp oraz dla osób projektujących oświetlenie fluorescencyjne dla zakładów pracy.

MISIUREWICZ EUGENIUSZ, mgr inż., MYSTKOWSKI ANDRZEJ, mgr inż. NAPĘD I STEROWANIE ELEKTRYCZNE ORAZ RABIAREK. 1955, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format B5, str. 266, rys. 209, cena zł 28,50. — Spis rzeczy: Napędy elektryczne. — Ogólne wiadomości o budowie i eksploatacji silników elektrycznych. — Silniki asynchroniczne indukcyjne prądu trójfazowego. — Silniki prądu stałego. — Układy napędowe. — Sterowanie elektryczne. — Aparatura sterująca. — Schematy elektryczne. — Przykłady układów sterujących w obrabiarkach. — Informacja wydawcy: Książka przeznaczona jest dla inżynierów i techników pracujących w zakładach budowy obrabiarek oraz może być pomocą dla studentów wydziałów mechanicznych wyższych uczelni technicznych.

MOŁOCZEK W. A., inż. REMONT TURBIN PAROWYCH. Wyd. II. Tłum. mgr inż. Konstanty Smolaga. 1955, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format B5, str. 380, rys. 195, cena zł 20. — Informacje wydawcy: Książka zawiera zasadnicze wiadomości o metalach, materiałach, narzędziach i urządzeniach stosowanych przy naprawach i przeglądach turbin parowych. Omawia ona jako temat główny organizację i wszelkie czynności związane z rozebraniem, przeglądem, naprawą i składaniem samych turbin parowych oraz związane z nimi urządzenia. Książka jest przeznaczona dla ruchowców inżynierów i techników specjalistów, może być również z pożytkiem czytana przez brygadzystów i pracowników wykwalifikowanych.

PRZEGLĄD DOKUMENTACYJNY ELEKTROTECHNIKI

opracowany przez OŚRODEK DOKUMENTACJI ELEKTROTECHNIKI
Dodatek do miesięcznika PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY

Rocznik 7

Warszawa, wrzesień 1955 r.

Nr 9

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

Bezpieczeństwo pracy

- 404* 614.825 IEl
Kullack H.: **Wnioski z wypadków i błędów ruchowych w urządzeniach elektroenergetycznych.** „Lehren aus Unfällen und Fehlschaltungen bei elektrischen Starkstromanlagen”. Energietechnik, Leipzig, mies., Nr 11, list. 53, s. 520; A4, 4 str., 2 rys. — Opis kilku wypadków śmiertelnych na linii i w podstacji średnich napięć. Niewłaściwość stosowania miarki drewnianej z metalową podziałką w rozdzielni pod napięciem. Błędy obsługi przy załączaniu i wyłączaniu linii, powodowanie zwarć, niewłaściwa ich likwidacja. Konieczność podnoszenia uświadomienia i wyszkolenia w energetyce.

Wiadomości ogólne

- 405* 621.3.051:621.3.018.41 IEl
Moskalew A. G.: **Charakterystyki częstotliwości układów energetycznych.** „Frequenz — Charakteristiken der Energiesysteme”. Elektrotechnik (Berlin), Leipzig, mies., Nr 12, grud. 53, s. 578; A4, 4,5 str., 6 rys. — Zmiany częstotliwości przy zakłóceniu statycznej lub dynamicznej równowagi w układzie przesyłowym. Zależność częstotliwości od mocy przesyłanej. Obliczenia dla układu generator-obciążenie. Zmiany nieustalone częstotliwości przy nagłej zmianie obciążenia.

- 406* 621.3.064.2 IEl
Schulze H.: **Częstotliwość napięcia powrotnego.** „Frequenz der wiederkehrenden Spannung”. Energietechnik, Leipzig, mies., Nr 4, kw. 53, s. 148; A4, 34 rys., 2 tabl., 48 poz. bibl. — Przebiegi nieustalone związane z wyłączaniem mocy. Obwód wyłączania, jego częstotliwość własna. Spotykane w eksploatacji zakresy częstotliwości dla typowych prostych układów sieci. Badania częstotliwości napięcia powrotnego w sieciach wysokich i najwyższych napięć przy pomocy spektrografu. Porównanie wyników doświadczalnych z obliczonymi drogą analityczną. Wnioski o wpływie częstotliwości napięcia powrotnego na zdolności wyłączalne wyłączników.

Urządzenia elektryczne

- 407* 621.311.614.84 IEl
Ochrona przeciwpożarowa urządzeń elektrycznych. „Protezioni antincendi negli impianti elettrici”. L'Energia Elettrica, Milano, mies., Nr 8, sierp. 53, s. 513; A4, 8,5 str., 8 fot., 5 rys., 1 poz. bibl. — Sposoby gaszenia ognia. Opis niektórych urządzeń do gaszenia ognia ze szczególnym uwzględnieniem pożarów paliw płynnych (olej, ropa naftowa). Ochrona transformatorów. Automatyzacja urządzeń służących do gaszenia.

Maszyny elektryczne

- 408* 621.313.1—181.4 IEl
Goss R.: **Rozwój silników i prądnic ułamkowej mocy o trwałych magnesach.** „Evolution of permanent-magnet fractional-horsepower size motors and generators”. Trans. amer. Inst. electr. Engrs, New York, t. 72, cz. 3, 1953, s. 81; A4, 3,5 str., 10 fot., 1 poz. bibl. — Przebieg rozwoju konstrukcji silników i prądnic ułamkowej mocy o trwałych magnesach ze stopu „alnico”. Kolejne ewolucje, jakie przeszło rozwiązanie magnesów. Ostatnie osiągnięcia w tej dziedzinie: pokrywanie powierzchni biegunów cementem magnetycznym, magnesnice z biegunami utajonymi, konstrukcja zapobiegająca rozmagnowaniu przy wyjęciu wirnika ze stojana itp.

- 409* 621.3.015.54:621.313.2 IEl
Mc Clinton A. T., O'Connor J. P.: **Iskwienie maszyn prądu stałego spowodowane zwarciami.** „Flashing of D—C machines caused by short circuits”. Trans. amer. Inst. electr. Engrs, New York, t. 72, cz. 3, 1953, s. 1; A4, 6,3 str., 2 fot., 2 rys., 10 wyk., 9 poz. bibl. — Wyniki badań doświadczalnych iskwienia maszyn prądu stałego wywołanego przeciążeniami i zwarciami. Określenie czasu, po którym występuje iskwienie

i powstaje łuk na komutatorze. Wpływ obciążenia poprzedzającego zwarcie na powstanie łuku. Badanie opóźnienia się strumienia biegunów zwrotnych przy przeciążeniach i zwarciach.

- 410* 621.313.2—8:621.3.014.3 IEl
Schaefer D. H.: **Stany przejściowe przy zwarcu i widmo częstotliwości prądu stałego.** „Fault transient and frequency spectra of a D—C generator”. Trans. amer. Inst. electr. Engrs, New York, t. 72, cz. 3, s. 344; A4, 9 str., 9 rys., 13 wyk., 2 poz. bibl. — Obliczanie stanów przejściowych przy nagłych zwarcach maszyny prądu stałego. Doświadczalna analiza parametrów maszyny prądu stałego w funkcji częstotliwości. Opis układu pomiarowego i omówienie wyników pomiarów. Wykorzystanie otrzymanych wyników do analizy stanów przejściowych maszyny prądu stałego.

- 411* 621.313.2.014.3 IEl
Cybulski J., Brancato E. L., O'Connor J. P.: **Stany przejściowe maszyn prądu stałego.** „Transient performance of D—C machinery”. Trans. amer. Inst. electr. Engrs, New York, t. 72, cz. 3, 1953, s. 45; A4, 7,5 str., 4 rys., 11 wyk., 6 poz. bibl. — Badanie zjawisk zachodzących przy zwarcu maszyny prądu stałego. Wyniki pomiarów przebiegu pola w szczelinie w stanie przejściowym po zwarcu. Strumienie rozproszone w czasie zwarcia. Określenie błędów przy wyznaczaniu strumienia w szczelinie w oparciu o zasadę stałości sprzężeń magnetycznych.

- 412* 621.313.236.2.001 IEl
Riaz M.: **Analiza stanów przejściowych prądnicy metadynowej.** „Transient analysis of the metadyne generator”. Trans. amer. Inst. electr. Engrs, New York, t. 72, cz. 3, 1953, s. 52; A4, 10 str., 17 rys., 14 wyk., 11 poz. bibl. — Zasada działania metadyny. Analiza stanów przejściowych metadyny oparta na metodzie macierzy Krona. Eksperymentalne i obliczeniowe wyznaczanie parametrów metadyny. Porównanie wyników analizy z wynikami pomiarów oscylograficznych stanów przejściowych metadyny.

- 413* 621.313.236.3:621.967 IEl
Castel R.: **Nożyce do cięcia wlewek sterowane amplidyń.** „Cisailles à blooms à commande par amplidyne”. Bull. Soc. franc. Electr., Paris, mies., Nr 26, luty 53, s. 91; A4, 8 str., 16 rys. — Rozwój sposobów sterowania nożyc do cięcia wlewek. Opis nożyc zainstalowanych w zakładzie Usinor à Louvrail. Opis i analiza wyposażenia elektrycznego z podaniem schematów ideowych i niektórych danych konstrukcyjnych. Wyniki prób. Analiza oscylogramów. Rozważania i wnioski eksploatacyjne. Materiał ciekawy, ujmujący pracę urządzenia zarówno od strony teoretycznej jak i praktycznej.

- 414* 621.313.32:621.3.014.3 IEl
Alger P. L., Franklin R. F. (i in.): **Wytrzymałość zwarcia maszyn synchronicznych przy zwarcach niesymetrycznych.** „Short-circuit capabilities of synchronous machines for unbalanced faults”. Trans. amer. Inst. electr. Engrs, t. 72, cz. 3, 1953, s. 394; A4, 9,5 str., 1 fot., 2 rys., 6 wyk., 4 tabl., 2 poz. bibl. — Krytyka postanowień norm amerykańskich dotyczących wytrzymałości zwarcia maszyn synchronicznych. Propozycje wprowadzenia dodatkowo nowej próby na zwarcie dwuprzewodowe. Zagadnienie nagrzewania się wirnika przy zwarcu niesymetrycznym i ustalenie bezpiecznych granic nagrzewania. Wyniki prób przeprowadzonych na prądnicach turbinowych.

- 415* 621.313.322—81 IEl
Estcourt V. F., Holley C. H. (i in.): **Praca wielkich prądnic turbinowych przy niedowzbudzeniu w układzie elektroenergetycznym „Pacific Gas and Electric Company”.** „Underexcited operation of large turbine generators of Pacific Gas and Ele-

ctric Company's system". Trans. amer. Inst. Engrs., New York, t. 72, cz. 3, 1953, s. 16; A4, 6,5 str., 1 fot., 2 rys., 9 wykr., 5 poz. bibl. — Trudności występujące przy pracy niedowzbudzonych maszyn synchronicznych: nagrzewanie się skrajnych pakietów blach i niestateczność pracy. Wyniki badań przeprowadzonych na dwóch wielkich prądnicach turbinowych w układzie energetycznym „Pacific Gas and Electric Co”. Badania objęły pomiary temperatury skrajnych pakietów blach oraz pomiary kąta obciążenia dla ustalenia granic stateczności statycznej i dynamicznej.

416* 621.313.322—81:534.837 IEL
Shildneck L. P., Wood A. J.: **Zmniejszanie hałasów wytwarzanych przez małe i średnie dwubiegunowe prądnice turbinowe.** „Reduction of noise produced by small and medium 2-pole turbine generators”. Trans. amer. Inst. electr. Engrs, t. 72, cz. 3, 1953, s. 36; A4, 5,5 str., 2 fot., 1 rys., 3 wykr., 2 tabl., 39 poz. bibl. — Rodzaje i źródła hałasów wytwarzanych przez prądnice turbinowe. Zmniejszanie hałasów przez elastyczne zamocowanie rdzenia stojana w kadłubie oraz przez unikanie rezonansów mechanicznych w kadłubie stojana. Metody badania drgań oraz wykrywania rezonansów i pomiary akustyczne hałasów.

417* 621.313.322—81:621.3.017.71 IEL
Ross M. D., King E. I.: **Nagrzewanie się wirnika prądnicy turbinowej podczas zwarć jednofazowych.** „Turbine generator rotor heating during single-phase short circuits”. Trans. amer. Inst. electr. Engrs, New York, t. 72, cz. 3, 1953, s. 40; A4, 4,5 str., 2 rys., 7 wykr., 2 tabl., 11 poz. bibl. — Wyniki badań nagrzewania się wirnika prądnicy turbinowej przy zwarciu dwóch przewodów. Opis sposobu przeprowadzania prób. Obliczanie przebiegu temperatury klinów wirnika przy zwarciu jednofazowym. Wzór określający dopuszczalny czas trwania zwarcia jednofazowego.

418* 621.313.322—81:621.3.017.73 IEL
Pollard E. I.: **Działanie układu prądów kolejności przeciwnej na wirniki prądnic turbinowych.** „Effects of negative-sequence currents on turbine-generator rotor”. Trans. amer. Inst. electr. Engrs, t. 72, cz. 3, 1953, s. 404; A4, 2 str., 3 wykr., 1 poz. bibl. — Działanie pola przeciwbieżnego w prądnicy turbinowej na kliny i kołpaki wirnika. Wyniki prób nagrzewania się klinów i kołpaków przeprowadzonych dla kilku maszyn przy nieruchomym wirniku i zasilaniu uzwojenia stojana. Eksploatacja otrzymanych przyrostów temperatury do podwójnej częstotliwości sieci. Otrzymane wyniki potwierdziły słuszność przyjętego powszechnie wzoru na dopuszczalny czas działania na wirnik pola przeciwbieżnego.

419* 621.313.322.001.24 IEL
Ginsberg D., Miseheimer L. J.: **Obliczenia przy projektowaniu prądnic o trwałych magnesach.** „Design calculations of permanent magnet generators”. Trans. amer. Inst. electr. Engrs, New York, t. 72, cz. 3, 1953, s. 96; A4, 7,5 str., 2 rys., 6 wykr., 3 tabl., 3 poz. bibl. — Metoda obliczania prądnic prądu zmiennego o magnesach trwałych, oparta na sposobie obliczania normalnych prądnic prądu zmiennego. Metoda obejmuje obliczanie charakterystyki biegu jałowego, prądu zwarcia, zmienności napięcia, oporności synchronicznej i parametrów przejściowych. Podano wzory do obliczania rozproszenia dla najczęściej spotykanych rodzajów prądnic o trwałych magnesach. Wzór formularza do przeprowadzania obliczeń.

420* 621.313.33.001.24 IEL
Mc Connell H. M.: **Wielofazowe maszyny indukcyjne z pełnym wirnikiem.** „The polyphase induction machine with solid rotor”. Trans. amer. Inst. electr. Engrs, New York, t. 72, cz. 3, 1953, s. 103; A4, 7,5 str., 5 rys., 5 wykr., 3 tabl., 15 poz. bibl. — Omówienie dotychczasowych prac nad polem elektromagnetycznym w przewodzącym ośrodku ferromagnetycznym. Określenie oporności czynnej i indukcyjnej pełnego, nieblachowanego wirnika w wielofazowym silniku indukcyjnym. Zastosowanie schematu zastępczego do obliczania tego rodzaju silników. Porównanie wyników obliczeń z wynikami prób przeprowadzanych na wykonanym silniku.

421* 621.313.333.001:621.3.012.8 IEL
Tsang N. F., Tsao T. C.: **Określenie stałych schematu zastępczego wielofazowego silnika indukcyjnego.** „Determination of network constants of polyphase induction motors”. Trans.

amer. Inst. electr. Engrs, New York, t. 72, cz. 3, 1953, s. 131; A4, 5,5 str., 1 rys., 9 wykr., 6 poz. bibl. — Metoda dokładnego laboratoryjnego określania oporności indukcyjnych stojana i wirnika oraz oporności czynnej wirnika dla schematu zastępczego silnika wielofazowego. Metoda opiera się na wyznaczeniu zależności prądu od poślizgu i nie wymaga przeprowadzenia prób zwarcia. Metoda może być stosowana do sprawdzenia wartości oporności indukcyjnych otrzymanych z obliczenia.

Kable

422* 621.315.211.4 IEL
Brazier L. C., Hollingsworth D. T., Williams A. L.: **Kable ciśnieniowe impregnowane.** „An assessment of the impregnated pressure cable”. Prec. Inst. El. Engrs, London, t. 100, cz. 2, Nr 78, grud. 53; s. 611; A4, 20 str., 10 rys., 5 tabl., 15 poz. bibl. — Konstrukcja kabli na napięcia od 33 do 275 kV. Złącza i końcówki kabli, Układ ciśnieniowy. Doświadczenia eksploatacyjne. Uszkodzenia wywołane przebieciami elektrycznymi. Uptyw gazu. Sposoby lokalizacji miejsc nieszczelnych. Ruch czynnika impregnacyjnego. Możliwości rozwojowe kabli ciśnieniowych impregnowanych.

423* 621.315.229 IEL
Dörfel: **Kabel elektroenergetyczny bez płaszcza ołowianego.** „Bleimantellose Starkstromkabel”. Elektrotechnik, Berlin mies., Nr 2, lut. 53, s. 87; A4, 1 str., 4 rys. — Kierunki zaoszczędzenia ołowiu w przemyśle kablowym. Przykłady konstrukcji kabli w suchych i wilgotnych pomieszczeniach. Stosowanie izolacji papierowej nasyczonej oraz syntetycznej bez płaszcza ołowianego. Przypadki zastąpienia płaszcza ołowianego płaszczem aluminium bądź taśmą stalową.

424* 621.315.229 IEL
Roske F.: **Kable elektroenergetyczne bez płaszcza ołowianego.** „Bleimantellose Starkstromkabel”. Elektrotechnik (Berlin), Leipzig, mies., Nr 12, grud. 53, s. 612; A4, 1 str. — Komunikat dotyczący stanu prac w energetyce i normalizacji niemieckiej, dotyczącej zastosowania kabla bez płaszcza ołowianego. Porównanie wymagań przepisów VDE i GOST.

425* 621.315.229 IEL
Dörfel E.: **Rozszerzenie zakresu zastosowania elektroenergetycznych kabli bez płaszcza ołowianego.** „Erweiterung des Anwendungsbereichs von bleimantellosen Starkstromkabeln”. Elektrotechnik (Berlin), Leipzig, mies., Nr 12, grud. 53, s. 613; A4, 1,5 str., 2 tabl., 8 poz. bibl. — Opis konstrukcji różnych typów kabli bez płaszcza ołowianego wraz z podaniem zakresu zastosowania. Stosowanie płaszczy aluminium oraz syntetycznych. Zagadnienie bezpieczeństwa pracy kabli. Ochrona przed korozją.

Stupy

426* 621.315.668.2 IEL
Vogel E.: **Rozważania nad obliczaniem kwadratowych ław fundamentowych słupów stalowych linii napowietrznych wysokiego napięcia.** „Einige Betrachtungen zur Berechnung quadratischer Stufen-Mastfundamente für Stahlgittermasten in Hochspannungs-Freileitungen”. Energietechnik, Leipzig, mies., Nr 10, paźdź. 53, s. 468; A4, 9 str., 20 rys., 6 tabl., 13 poz. bibl. — Rozkład sił działających na słup stalowy. Obliczanie i wykreślanie naprężeń powstających przez nacisk fundamentu na grunt. Przykłady obliczeń, dobór wymiarów ławy fundamentowej. Tablice do obliczania fundamentów. Uwagi o właściwościach opracowań Fröhlicha i Bürklina.

Podstacje

427* 621.316.26 IEL
Sautier P., Prieux J.: **Podstacja 220/150 kV w Vendin.** „Le poste d'interconnexion de Vendin 220/150 kV”. Rev. Alumin., Paris, mies., t. 30, list. 53, s. 405; A4, 5 str., 6 rys., 2 tabl., 3 poz. bibl. — Opis podstacji 220/150 kV, w której zużyto 18 ton stopów lekkich na konstrukcje mechaniczne i elektryczne. Charakterystyka warunków pracy poszczególnych zespołów, a w szczególności konstrukcji wspornych szyn i przewodów łączących, łączników itp. Skład chemiczny, charakterystyka mechaniczna i elektryczna stopu A—S4G, A—S13 i aluminium A5.

428* 621.316.26.027.3 IEL
Born W.: **Plany rozmieszczenia i prowadzenia przewodów przy budowie rozdzielni.** „Leitungsverlegungspläne und Eimelverdrahtung im Schaltanlagenbau“. Elektrotechnik (Berlin), Leipzig, mies., Nr 5, maj 53, s. 241; A4, 2 rys., 4 wykr. — Zagadnienie właściwego wykonania instalacji sterowniczej, sygnalizacyjnej i pomiarowej w rozdzielni wysokiego napięcia. Nowe metody prowadzenia przewodów. Tablice rozdzielcze, stanowiska sterownicze, przewody niskonapięciowe w celach wysokiego napięcia.

429* 621.316.26.027.3 IEL
Schrinner W.: **Rozdzielnie wysokonapięciowe z odłącznikami nożowymi.** „Hochspannungsschaltanlagen mit Scherentrennschaltern“. Elektrotechnik (Berlin), Leipzig, mies., Nr 5, maj 53, s. 240; A4, 1,5 str., 2 rys., 1 tabl., 6 poz. bibl. — Porównanie dwóch typów rozdzielni wewnętrznych 110/6 kV. Oszczędność miejsca 37,5% przy odpowiednim rozmieszczeniu odłączników nożowych. Oszczędności materiałowe (przewody 40%, izolatory 70%). Wady odłączników obrotowych. Uwagi o celowości nowych konstrukcji rozdzielni.

430* 621.316.26.027.3 IEL
Petschner K.: **Rozdzielnie najwyższych napięć o oszczędnym wykorzystaniu miejsca i materiału.** „Material. und raumsparende Höchstspannungs-Schaltanlagen“. Energietechnik, Leipzig, mies., Nr 1, stycz. 53, s. 16; A4, 8 str., 22 rys., 5 poz. bibl. — Opis i porównanie kilku typów rozdzielni napowietrznych 220 i 110 kV. Stosowanie odłączników, właściwe rozmieszczenie. Odłączniki nożowe i obrotowe, zalety i wady. Instalowanie odłączników na kolumnach metalowych. Typowe pola transformatorowe i odejściowe w rozdzielniach. Rozwój budowy rozdzielni najwyższych napięć. Oszczędne rozmieszczenie urządzeń w rozdzielniach wewnętrznych 110 kV.

431* 621.316.26.027.3.003 IEL
Müller H.: **Projektowanie wysokonapięciowych rozdzielni redukcyjnych z gospodarczego punktu widzenia.** „Projektierung von Hochspannungs-Stromversorgungsanlagen unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten“. Elektrotechnik (Berlin), Leipzig, mies., Nr 7, lip. 53, s. 317; A4, 2 str., 6 rys. — Zagadnienia gospodarcze budowy rozdzielni 6/0,4 kV. Dobór transformatorów z uwagi na straty mocy biernej i czynnej biegu jałowego. Oszczędne wykorzystywanie pomieszczeń rozdzielni. Konstrukcje typowych celek wysokiego i niskiego napięcia. Plan typowej rozdzielni.

Urządzenia zabezpieczające i ochronne

432* 621.316.925:621.313.322(083.1) IEL
Weinlich: **Zabezpieczenie generatorów.** „Generatorschutz“. Energietechnik, Leipzig, mies., Nr 12, grud. 53, s. 572; A4, 2 str. — Projekt przepisów dotyczących zabezpieczeń przekątnikowych generatorów. Założenie zabezpieczenia nadprądowego, podnapięciowego, różnicowego zabezpieczenia przed zwarciem międzyzwojowym, ochrony Bucholza w układach blokowych. Różne układy pracy generatorów w elektrowni (szyny generatorowe).

433* 621.316.93:621.315.1:621.316.99 IEL
Grosspätzsch G.: **Zagrożenie burzowe i odgromowa ochrona linii napowietrznych ze szczególnym uwzględnieniem przewodów odgromowych.** „Gewittergefährdung und Gewitterschutz von Freileitungen unter besonderer Berücksichtigung der Erdseile“. Energietechnik, Leipzig, mies., Nr 7, lip. 53, s. 321; A4, 3 str., 8 rys., 6 tabl., 10 poz. bibl. — Dane prądów piorunu. Zmiany oporności uziemienia pod wpływem wilgoci i temperatury. Dobór wytrzymałości izolacji linii z uwagi na możliwości przeskoku odwrotnego. Strefa chroniona przewodu odgromowego. Wyniki eksploatacyjne ochrony przewodami odgromowymi, wyborczość piorunu. Artykuł oparty na danych z literatury niemieckiej.

Miernictwo elektryczne

434* 621.317.333:621.315.61 IEL
Bartsch E.: **Metoda rejestracyjna do określenia wytrzymałości powierzchniowej materiałów izolacyjnych.** „Registrierende Methode zur Feststellung der Kriechwegfestigkeit von Isolierstoffen“. Elektrotechnik, Berlin, mies., Nr 2, luty 53, s. 60; A4, 3 str., 7 rys., 23 poz. bibl. — Istota i znaczenie wytrzymałości powierzchniowej, metody jej oceny. Układ pomiarowy do re-

jestracji prądów pełnych, schemat, wykonanie zewnętrzne, opis działania. Wyniki pomiarów, porównanie materiałów o dużej i małej wytrzymałości powierzchniowej. Uwagi o możliwych błędach metody. Artykuł bardzo źródłowy.

435* 621.317.728:621.316.26.027.3 IEL
Dorsch H.: **Kontrola ruchu urządzeń wysokiego napięcia przy pomocy iskierników Estorffa.** „Betriebüberwachung von Hochspannungsanlagen mit der Estorffschen Funkenstrecke“. ETZ-A, Wuppertal, 2-tyg., Nr 3, luty 54, s. 72; A4, 4 str., 7 rys., 1 tabl., 2 poz. bibl. — Zasada działania i konstrukcja iskiernika do kontroli poziomu przepięć w rozdzielni. Zabezpieczenie przed powodowaniem trwałego zwarcia. Metoda badań okresowych i określanie podstawowego odstępu iskierników. Wyniki badań 5, 15, 35, 60 i 110 kV. Odstępy określają przeważnie poziom przepięć przy zwarciach i operacjach łączeniowych, rzadkie zadziałania przy przepięciach atmosferycznych.

436* 621.317.729.1:621.314.222.6.027.3 IEL
Mc Donald D.: **Wanna elektrolityczna zastosowana do odwzorowania konstrukcji transformatorów wysokonapięciowych.** „The electrolytic analogue in the design of high-voltage power transformers“. Proc. Inst. El. Engrs, London, dwumies., t. 100, cz. 2, Nr 74, kw. 53, s. 145; A4, 22 str., 5 fot., 23 rys., 25 poz. bibl. — Metody odwzorowania dielektryków o różnych stałych dielektrycznych, o różnych opornościach właściwych oraz o różnych kształtach. Dokładność odwzorowań. Zastosowanie do układów izolacyjnych wysokonapięciowych transformatorów mocy. Rozkłady pola dla układów izolacji głównej i szeregowej oraz dla izolatorów przepustowych.

437* 621.317.734:621.316.99:621.315.1 IEL
Marenesi R. (i inni): **Pomiary oporności uziemień w liniach przesyłowych z linkami odgromowymi.** „Misura di resistenza di terra nelle linee di trasmissione con fune di guardia“. Energia Elettrica, Milano, mies., Nr 4, kw. 53, s. 236; A4, 4,5 str., 8 fot., 4 rys., 7 poz. bibl. — Krótki opis nowego urządzenia służącego do pomiaru oporności uziemienia słupów elektroenergetycznych linii przesyłowych wyposażonych w linki odgromowe. Zasada działania urządzenia: porównanie obserwowanych na oscyloskopie katodowym przebiegów falowych w przypadku oporności wzorcowej i oporności uziemienia. Schemat urządzenia. Analiza dokładności pomiarów. Wyniki pomiarów w przypadku laboratoryjnego modelu linii oraz linii rzeczywistej. Porównanie wyników pomiarów uzyskanych przy pomocy nowej metody i metody pomiaru przy zastosowaniu prądu zmiennego 50 okr/sek.

Zastosowanie techniczne magnetyzmu

438* 621.318.42.001.24 IEL
Crowhurst N.H.: **Konstrukcja dławików z rdzeniem żelaznym o dużym Q.** „The design of high Q iron cored inductors“. Electron. Engng., London, mies., t. 25, Nr 309, list. 53, s. 478; A4, 5 str., 9 wykr., 2 poz. bibl. — Teoretyczne podstawy konstrukcji dławików z rdzeniem żelaznym. Straty w miedzi i straty w żelazie. Przebieg strat w żelazie (w mW/funt) w zależności od indukcji. Charakterystyka dobroci Q w zależności od szczeliny powietrznej. Nomogramy do obliczenia parametrów dławików. Sposób korzystania z nomogramów. Dwa przykłady obliczenia konstrukcji dławików na podstawie nomogramów.

439* 621.318.57:621.327.42 IEL
Nentwig K.: **Przełączniki jarzeniowe.** „Kaltkathoden-Glimmrelais“. ETZ-B, Wuppertal, mies., Nr 2, luty 54, s. 43; A4, 4 str., 7 rys. — Przełączniki jarzeniowe (neonowe) do łączenia małych mocy i ich zalety. Zapłon lampy jarzeniowej. Zasada działania przełącznika jarzeniowego z elektrodą sterującą (trioda gazowana o katodzie niepodgrzewanej). Napięcia i prądy w elektrodzie sterującej. Dopuszczalne obciążenia i konstrukcje przełączników jarzeniowych oraz układy współpracy z przełącznikiem elektromagnetycznym. Przykłady zastosowań.

440* 621.318:621.838.3 IEL
Jones W. P.: **Badanie mieszanin magnetycznych do sprzęgieł.** „Investigation of magnetic mixtures for clutch application“. Trans. amer. Inst. electr. Engrs, New York, t. 72, cz. 3, 1953, s. 88; A4, 4 str., 1 fot., 3 rys., 8 wykr., 1 tabl. — Wymagania, jakim odpowiadać powinny mieszaniny do napełniania płynowych sprzęgieł magnetycznych. Wyniki prób przeprowadzo-

nych na wielu różnych mieszaninach. W opracowaniu wyników ustalono związek między strukturą krystaliczną zawiesiny magnetycznej a jej przydatnością do napełniania sprzęgieł. Wytypowano trzy najbardziej odpowiednie mieszaniny.

Kondensatory

441* 621.319.4:537.226.31 IEl
Guthmann R.: **Zależność współczynnika stratności od napięcia w kondensatorach papierowych.** „Die Spannungsabhängigkeit des Verlustfaktors bei Folien-Papierkondensatoren”. ETZ-A, Wuppertal, dwutyg., Nr 2, stycz. 54, s. 45; A4, 3,5 str., 4 wykr., 1 tabl., 6 poz. bibl. — Próby napięciowe przy badaniu kondensatorów do poprawy współczynnika mocy. Krótkotrwała wytrzymałość na przebiecie kondensatorów papierowych (olejowych). Charakterystyki niektórych papierów. Pomiar kąta stratności przy różnych wartościach pola elektrycznego i w różnych temperaturach. Wpływy obce na stratność kondensatorów papierowych (grubość dielektryka, temperatura, ciśnienie itp.). Wybór warunków pracy kondensatorów.

Trakcja elektryczna

442* 621.33:388.4(45) IEl
Zagadnienie metra w Rzymie. „Il problema della metropolitana di Roma”. Ingegneria Ferroviaria, Roma, mies., t. 9, Nr 1, stycz. 54, s. 57; A4, 10 str., 7 fot., 13 rys., 4 wykr. — Streszczenie odczytu syndyka Rzymu prof. Rebecchini pod powyższym tytułem. Zagadnienie komunikacji w wielkich miastach. Różne systemy transportu miejskiego. Krótkie omówienie metra w Londynie, Paryżu, Berlinie, Moskwie, New Yorku, Tokio, Bostonie, Hamburgu. Trudności w realizacji projektu metra w Rzymie. Ogólny stan trakcji elektrycznej w Rzymie w r. 1953.

443* 621.332.31:621.315.53 IEl
Zachowanie się przewodów jezdnych stalowo-aluminiowych w paryskim okręgu komunikacyjnym. „Le comportement des fils aluminium-acier sur les lignes de contact de la régie autonome des transports parisiens”. Rev. Alumin., Paris, mies., t. 30, Nr 204, list. 53, s. 391; A4, 3,5 str., 8 rys., 1 tabl. — Wyniki eksploatacji trolejbusowych przewodów jezdnych, stal-aluminium o przekroju 178 mm² w okresie 6 lat, ich stan po 800 000 przejazdach. Zachowanie się warstwy aluminiowej przewodów w warunkach ruchowych, jej ścieralność i ubytek w zależności od ilości przejazdów. Wnioski eksploatacyjne.

Zastosowania elektrotechniki

444* 621.34:626.4:621.316.718.076.11 IEl
Burke F., Browne S. S.: **Dokładne sterowanie śluzu 27.** „Precise control for lock 27”. Westinghouse Engng., Pittsburgh dwumies., t. 13, Nr 6, list. 53, s. 184; A4, 4 str., 6 fot., 1 rys., 2 wykr. — Ogólny opis śluzu Nr 27 na Mississipi w rejonie St. Louis. Wyposażenie sterownicze. Opis wyposażenia napędowego wrót śluzu (zastosowano wał elektryczny do synchronizacji biegu silników napędowych obu części wrót). Uproszczony schemat układu i jego działanie.

445* 621.34:622.33 IEl
Passmann B.: **Elektryczność w kopalniach węgla kamiennego.** „Die Elektrizität im Steinkohlenbergbau”. Z. VDI, Düsseldorf, 3 razy w mies., t. 95, Nr 14/15, maj 53, s. 453; A4, 4 str., 3 wykr., 7 tabl. — Charakterystyka gospodarki energetycznej w niemieckich kopalniach i udziału elektryczności w napędach maszyn górniczych. Prąd elektryczny w urządzeniach naziemnych. Ujemne i dodatnie wpływy na elektryfikację urządzeń dołowych. Rozwój obecny i widoki na przyszłość.

446* 621.34:621.37 IEl
Coulon Th.: **Użytkowanie energii elektrycznej na wsi.** „Utilisation rurale de l'énergie électrique”. Electro-Magazine, Paris, dwumies., t. 5, Nr 22, maj — czerw. 53, s. 3; A4, 4 str., 9 fot., 1 rys. — Rozwój użytkowania energii elektrycznej do prac w polu i gospodarstwach rolnych. Instalacje do młócki w polu. Przewoźne podstacje. Napędy w gospodarstwach rolnych. Przewoźne silniki z dwustronnie wyprowadzonym wałem i domontowanymi przekładniami. Przyrząd zalektryfikowanego gospodarstwa rolnego 1000-hektarowego.

Niniejszy Przegląd Bibliograficzny zawiera jedynie część analiz dokumentacyjnych publikacji z zakresu elektrotechniki. Pełna dokumentacja ukazuje się w postaci kart dokumentacyjnych, wydawanych przez Centralny Instytut Dokumentacji Naukowo-Technicznej (Warszawa, Al. Niepodległości 188). CIDNT przyjmuje prenumeratę kart dokumentacyjnych, która może obejmować zarówno całą dokumentację naukowo-techniczną, jak i dział lub poszczególne zagadnienia i tematy techniczne.

CINDT wykonuje za zwrotem kosztów fotokopie i mikrofilmy publikacji objętych Przeglądem Dokumentacyjnym jak i kartami dokumentacyjnymi.

447* 621.34:631.37 IEl
Schweppenhäuser H. G.: **Zasilanie rolnictwa w energię elektryczną z punktu widzenia technicznego i gospodarczego.** „Die künftige Stromversorgung der Landwirtschaft im Licht elektrizitätswirtschaftlicher Tatsachen”. Elektrizitätswirt., Frankfurt a/Main, 2-tyg., Nr 9, maj 53; s. 243; A4, 4,5 str., 3 wykr. — Czynniki określające rozwój elektryfikacji wsi w ostatnich czasach. Szczególne cechy odbiorów rolniczych i ich wpływ na problemy zasilania prądem wsi. Przewidywany zakres mechanizacji prac w rolnictwie. Możliwości powiększenia czasu użytkowania prądu elektrycznego na wsi. Problem zelektryfikowanej młocki: uzasadnienie tendencji do zmniejszenia jednostkowej mocy młockarni a powiększenia czasu jej użytkowania. Analiza możliwości racjonalizowania zużycia energii przez inne maszyny rolnicze. Wnioski.

448* 621.34:622.33 IEl
Dransfeld C., Graemer H.: **Nowsze punkty widzenia na elektryfikację przodków w kopalniach węgla kamiennego.** „Neuere Gesichtspunkte für die Elektrifizierung von Vor-Ort-Anlagen im Steinkohlenbergbau”. Siemens Z., Erlangen, 8 razy w ciągu roku, t. 27, Nr 5, sier. 53, s. 272; A4, 9,5 str., 7 fot., 7 rys., 2 wykr., 4 poz. bibl. — Porównanie napędu sprężonym powietrzem i elektrycznego maszyn do urabiania i odstawy węgla w kopalniach. Zagadnienie bezpieczeństwa pracy w zelektryfikowanych kopalniach. Projektowanie dołowych instalacji elektrycznych. Przewody wysokiego napięcia i ich zabezpieczenie. Przykłady rozwiązań instalacji dołowych. Silniki elektryczne do maszyn dołowych. Sprzęgła rozruchowe. Pomiary zdalne.

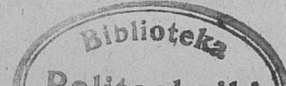
449* 621.34:622.647.2 IEl
Heyn A.: **Przenośnik taśmowy Hemscheidi-Grebe w kopalniach. Budowa i sterowanie.** „Der Bandzugförderer Hemscheidt”. Grebe im Bergbau unter Tage Aufbau und Steuerung”. Siemens Z., Erlangen, 8 razy w ciągu roku, t. 27, Nr 8, grud. 53, s. 427; A4, 4 str., 13 rys., 1 tabl. — Konstrukcja mechaniczna nowego typu przenośnika taśmowego łączącego w sobie zalety wagonowego i przenośnikowego transportu urobku, a przystosowanego specjalnie do napędu elektrycznego. Możliwości techniczne przenośnika nowego typu. Sterowanie elektryczne przenośnika.

Elektrotermia

450* 621.365 IEl
Piece elektryczne o atmosferze kontrolowanej. „Les fours électriques à atmosphère contrôlée”. J. Four électr., Paris, dwumies., t. 62, Nr 6, list.-grud. 53, s. 169; A4, 7,5 str., 19 rys. — Wiadomości wprowadzające. Działanie różnych atmosfer piecowych. Własności atmosfery ochronnej i jej zastosowania w produkcji. Zasada działania i schemat ideowy pieców elektrycznych o atmosferze ochronnej, stosowanych w przetwórstwie miedzi i jej stopów. Atmosfera gazów węglowych i jej zastosowanie przy cementacji. Dyskusja.

451* 621.365.2 IEl
Browning E. H.: **Wyposażenie elektryczne dla wielkich pieców łukowych.** „Electrical equipment for large arc furnaces”. Westinghouse Engng., Pittsburgh, dwumies., Nr 6, list. 53, s. 203; A4, 2 str., 3 fot. — Skrócenie czasu wytopu przez zastosowanie transformatorów o napięciu wtórnym 445 V (zamiast jak dotychczas 300 V). Specjalne zabezpieczanie obwodu pieca zapewniające ciągłość ruchu. Regulatory mocy. Urządzenie zmniejszające wahanie napięcia.

452* 621.78:669.71:621.365 IEl
Irmann R.: **Obróbka cieplna aluminium i jego stopów.** „Warmbehandlung von Aluminium und Aluminium-Legierungen”. Elektrizitätsverw., Zürich, mies., t. 28, Nr 7, paźdz. 53, s. 189; A4, 7 str., 15 rys., 2 tabl. — Zestawienie z opis głównych rodzajów obróbki mechanicznej i cieplnej w piecach elektrycznych, jakiej poddawane są stopy aluminium. Opis konstrukcji i działania pieców elektrycznych do podgrzewania, wyżarzania, wypalania, na pracę ciągłą i przerywaną z podaniem niektórych wskaźników technicznych i eksploatacyjnych. Materiał obszerny o charakterze encyklopedycznym, zawierający dużo ciekawych szczegółów.



Wydawnictwa nadesłane

KUZNIECOW A. I. TECHNIKA BEZPIECZEŃSTWA PRACY W URZĄDZENIACH ELEKTRYCZNYCH. Tłum. mgr inż. J. Wolski i mgr inż. I. Baran. 1955, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format B5, str. 282, cena zł 29,50. — Spis rzeczy: Zadania techniki bezpieczeństwa pracy. Działanie prądu elektrycznego na organizm ludzki. Ogólne środki bezpieczeństwa w urządzeniach elektrycznych. Pojęcia z zakresu bezpieczeństwa pracy przy urządzeniach elektrycznych. Bezpieczeństwo pracy w sieciach prądu stałego i jednofazowego prądu zmiennego. Analiza bezpieczeństwa pracy przy sieciach prądu trójfazowego. Kontrola stanu izolacji urządzeń elektrycznych na napięcia nie przekraczające 1000 V. Uziemienia ochronne. Zerowanie ochronne. Przerzut napięcia z sieci o wyższym napięciu do sieci o napięciu niższym. Sprzęt ochronny. Środki organizacyjne zapewniające bezpieczeństwo pracy przy urządzeniach elektrycznych. Urządzenia elektryczne elektrowni i stacji. Sieci kablowe. Napowietrzne sieci energoelektryczne. Wyposażenie elektryczne zakładów przemysłowych. Elektryczne instalacje oświetleniowe. Wyposażenie elektryczne pomieszczeń niebezpiecznych pod względem wybuchowym. Ręczne elektryczne lampy i narzędzia. Załączniki. — Informacje wydawcy: W książce są omówione zasady organizacji ochrony pracy i zasady bezpiecznej pracy przy urządzeniach elektrycznych. Książka jest przeznaczona dla elektryków zatrudnionych przy projektowaniu, budowie i eksploatacji urządzeń elektrycznych.

ELBAUM J., mgr inż., REICHER J., mgr inż. ELEKTRYCZNE APARATY ROZRUCHOWE I REGULACYJNE. Montaż — obsługa — naprawa. 1954, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format A5, str. 314, cena 12 zł. — Spis rzeczy: Budowa i działanie aparatów rozruchowych i regulacyjnych. Podział aparatów rozruchowych i regulacyjnych ze względu na ich budowę. Aparaty rozruchowo-regulacyjne płynowe. Aparaty z opornikami stałymi. Aparaty do rozruchu i regulacji bez oporników. Normalizacja części aparatów rozruchowych i regulacyjnych. Grzanie się i chłodzenie części aparatów. Dobór aparatów do maszyn elektrycznych. — Montaż i eksploatacja. Instalowanie aparatów. Obsługa, konserwacja, naprawy i przeróbki. Bezpieczeństwo pracy przy aparatach rozruchowych i regulacyjnych. — Dane dotyczące aparatów rozruchowych i regulacyjnych. Aparaty budowane w kraju. Niektóre aparaty budowane w ZSRR. Niektóre aparaty budowane w innych krajach. — Informacje wydawcy: W książce opisano różne typy aparatów rozruchowych i regulacyjnych do maszyn elektrycznych, przede wszystkim produkcji krajowej; omówiono także ich montaż, konserwację i naprawy. Książka jest przeznaczona dla monterów i techników zatrudnionych przy eksploatacji maszyn elektrycznych w zakładach przemysłowych.

MUSIL LUDWIK, dr. OGÓLNE ZASADY PROJEKTOWANIA ELEKTROWNI PAROWYCH. Tłum. mgr inż. Ignacy Dąbrowski i mgr inż. Czesław Dąbrowski. 1954, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format B5, str. 419, rys. 281, cena 42 zł. — Spis rzeczy: Podstawowe zagadnienia gospodarcze. — Wpływ charakteru obciążenia i konfiguracji sieci na ogólne planowanie. — Zagadnienie paliwa i wody w związku z ogólnym planowaniem elektrowni. — Wytłumaczenie do projektowania elektrowni. — Rozplanowanie elektrowni. — Zagadnienia dalszego rozwoju technicznego w elektrowniach parowych. — Informacje wydawcy: Książka zawiera materiał do projektowania elektrowni parowych. Jest przeznaczona dla doświadczonych projektantów i ekonomistów pracujących w dziedzinie inwestycji energetycznych.

KUCZKIN S. D., MANUIŁOW P. N. AUTOMATYCZNA REGULACJA PROCESÓW CIEPLNYCH W ELEKTROWNIACH. 1955, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format B5, str. 168, rys. 89, cena zł 10. — Informacje wydawcy: W pracy omówiono podstawowe zagadnienia regulacji oraz zasady działania i konstrukcję automatycznych regulatorów procesów cieplnych w elektrowniach. Książka zawiera opisy układów i konstrukcji regulatorów najbardziej rozpowszechnionych w elektrowniach. Zagadnienia teorii regulacji ograniczono do minimum i w miarę możliwości podano bez uzasadnień matematycznych. Praca przeznaczona jest dla pracowników technicznych w elektrowniach i techników energetyków. Mogą z niej korzystać również uczniowie szkół technicznych.

TARNAŃSKI EUSTACHY, dr. MATEMATYKA DLA ELEKTRYKÓW. Wyd. II uzup. 1955, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format B5, str. 376, cena zł 39. — Książka zawiera wstępne wiadomości z matematyki potrzebne technikom, a zwłaszcza elektrykom i teleelektrykom. Część pierwsza jest zestawieniem potrzebnych wiadomości z matematyki elementarnej; część druga ma charakter zwięzłego podręcznika i obejmuje rachunek różniczkowy i całkowy, szeregi (liczbowe, potęgowe, Fouriera) oraz rachunek na liczbach zespolonych z zastosowaniem do elektrotechniki. Przykłady ilustrujące treść matematyczną zaczerpnięte głównie z elektrotechniki, a szczególnie z telekomunikacji. Książka jest przeznaczona w zasadzie dla inżynierów. Może ona jednak oddać usługi studentom szkół inżynierskich i politechnicznych jak również technikom o średnim wykształceniu.

BODAK S. I., ŁUSZNIKOW A. A., TULAJEW G. G., ELKIN I. M. WSKAZÓWKI DO MONTAŻU APARATURY RADIOWEJ. Tłum. mgr inż. H. Klingofer. 1955, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format A5, str. 169, rys. 151, cena zł 8. — Informacje wydawcy: W książce omówione są zagadnienia technologii montażu oraz całokształtu czynności związanych z montażem urządzeń radiowych. Książka stanowi zbiór stachanowskich metod pracy i osiągnięć racjonalizatorskich z zakresu montażu. Przeznaczona jest dla radio-techników, radioamatorów oraz dla czytelników pragnących specjalizować się w dziedzinie montażu.

BERINSON H., mgr inż. MATERIAŁOZNAWSTWO TECHNICZNE. KSIĄŻKA PRÓŻNIOWEJ. 1955, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format A5, str. 204, rys. 106, cena zł 11,80. — Informacje wydawcy: W książce omówiono własności i technologię produkcji materiałów stosowanych do wyrobu elektrycznych lamp próżniowych i gazowych, jak szkło lampowe, wolfram, molibden i inne. Książka jest przeznaczona dla pracowników przemysłu lamp elektrycznych oraz przemysłów pomocniczych.

BARANOWSKI J., mgr inż. BEZPIECZNA OBSŁUGA RADIOWEJ. Biblioteka Radiomechanika. 1955, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format A5, str. 78, rys. 20, tabl. 2, cena zł 3. — Informacje wydawcy: W broszurze podano ogólny opis radiowęzła oraz omówiono zasady bezpiecznej obsługi jego aparatury w zakresie uruchamiania, pomiarów i wykonywania podstawowych napraw. Ponadto omówiono działanie prądu na organizm ludzki i sposoby ratowania przy porażeniu prądem. Broszura przeznaczona jest dla zatrudnionych w radiowęzłach oraz dla tych, którzy zamierzają pracować w tej dziedzinie.

PRZEGLĄD TECHNICZNY — organ główny Naczelnej organizacji Technicznej. — Nr 8/55 zawiera następujące artykuły:

- Polska technika w służbie handlu zagranicznego — S. Halicki
- Aktywizacja gospodarcza regionu bużańskiego na tle wykorzystania wód rzeki Bugu — inż. C. Stepnowski
- Przygotowanie kadr dla przemysłu maszynowego — prof. inż. J. Tymowski
- Zadania techników w walce o oszczędne zużycie materiałów — D. Nomańczuk

- Rodzaje mechanizacji i przenośne narzędzia mechaniczne do wykonywania pracochłonnych czynności ręcznych — prof. L. Uzarowicz
- Postęp techniczny w zakresie aparatury i metod radiologii przemysłowej w świetle międzynarodowej konferencji w Brukseli — inż. J. Metera
- Rola Przeglądu Technicznego w rozwoju polskiej techniki; III — dr J. Pazdur
- Oprócz tego zeszyt zawiera: Nowiny techniczne z prasy zagranicznej. — Wolna Trybuna. — Sprawy organizacyjne NOT i stowarzyszeń. — Krytykę i bibliografię. — Kronikę. — Biuletyn CIDNT. — Biuletyn GUM.

Nagrody PWT

Dyrekcja Państwowych Wydawnictw Technicznych przyznała następujące nagrody i dyplomy uznania autorom i tłumaczom najlepszych książek wydanych w roku 1954.

Nagrody za prace autorskie:

I nagroda w wysokości zł 5.000.—

Z. Skoczyński i P. Nowacki — za pracę pt. „Zwarcia w wysokonapięciowych układach energoelektrycznych“.

II nagroda w wysokości zł 4.000.—

P. Kosieradzki — za pracę pt. „Obróbka cieplna metali“.

III nagroda w wysokości zł 3.000.—

M. Skarbiński — za pracę pt. „Projektowanie procesów technologicznych w odlewni“.

Nagroda za pracę przeznaczoną dla robotników w wysokości zł 2.000.—

P. Piotrowski — „Najprostsze roboty tokarskie w kłach“.

Tłumaczenia:

I nagroda w wysokości zł 3.000.—

za tłumaczenie książki Kasatkina p. „Podstawowe procesy i aparaty w technologii chemicznej“ — otrzymują:

J. Borysowski, J. Ciborowski, T. Czarnota, Cz. Krępski, B. Młodziński, A. Selecki.

II nagroda w wysokości zł 1.500.—

za tłumaczenie pracy zbiorowej pod red. prof. Sirotńskiego pt. „Technologia wysokich napięć“ — otrzymują:

Z. Hasterman i L. Maksiejewski.

II nagroda w wysokości zł 1.500.—

za tłumaczenie książki Gierasimowa i innych pt. „Automatyczna regulacja urządzeń kotłów parowych“ — otrzymują:

E. Augustyniak i W. Nałęcz-Gembicki.

Dyplomy uznania za prace autorskie:

W. Pac — za pracę pt. „Próby mechaniczne w spawalnictwie“,

W. Pełczewski za pracę pt. „Wzmacniacze elektromaszynowe“,

W. Starczakow za pracę pt. „Przekładniki“.

Dyplomy uznania za prace przeznaczone dla robotników:

W. Mermon za pracę pt. „Jak obchodzić się z obrabiarką“,

L. Noiszewski za pracę pt. „Pomocnik formierza“.

Dyplomy uznania za tłumaczenia:

E. Górecki — za tłumaczenie książki Ramma pt. „Procesy absorpcyjne w przemyśle“,

M. Morawiecka i P. Polowa — za tłumaczenie książki Worózcowa pt. „Podstawy syntezy półproduktów i barwników“,

T. Koter — za tłumaczenie książki Żerwie pt. „Przemysłowe badania maszyn elektrycznych“.