

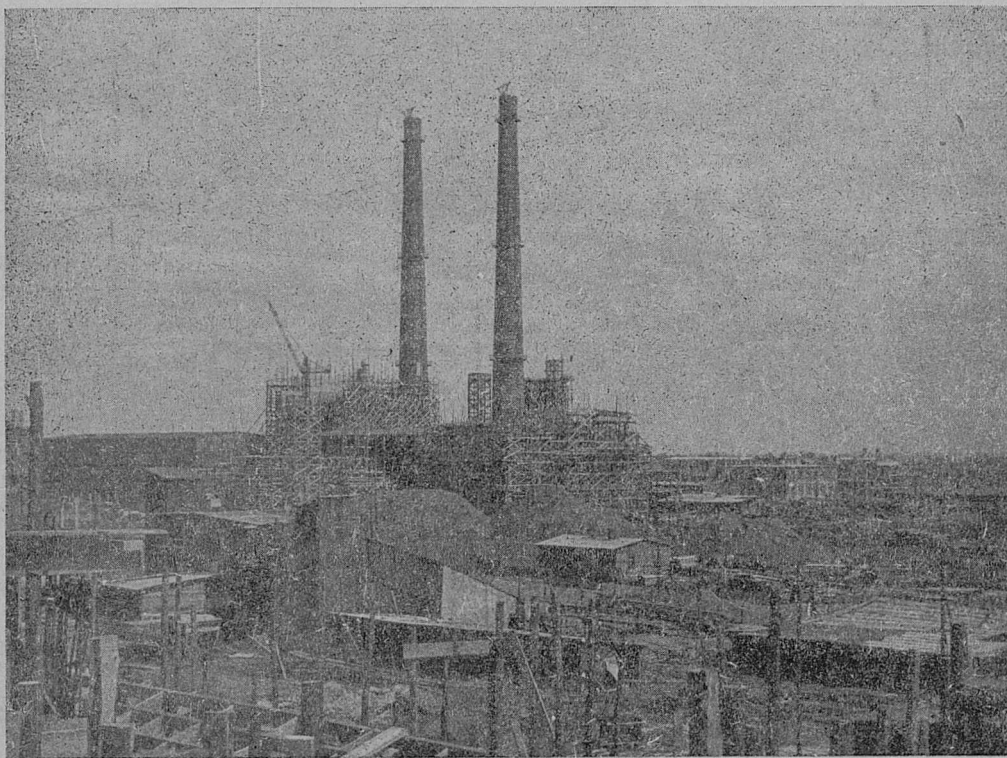
PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY

ORGAN
MINISTERSTWA ENERGETYKI, MINISTERSTWA PRZEMYSŁU MASZYNOWEGO,
STOWARZYSZENIA ELEKTRYKÓW POLSKICH

ROK XXIX

ZESZYT 9

21.IX.1953



*Wznosimy gigant polskiej metalurgii,
chlubę narodu polskiego — Nową Hutę*

B. Blerut



WYDAWNICTWO NACZELNEJ ORGANIZACJI TECHNICZNEJ

SPIS RZECZY

Nowa Huta.
Nagrody Państwowe za osiągnięcia w dziedzinie elektryki i zagadnień przy-
ległych (1953 r.). Uchwała Prezy-
dium Rządu z dnia 18 lipca 1953 r.
Michejda J. Problem mocy biernej w
układzie energetycznym.
Latek W. Metody poprawienia współ-
czynnika mocy i ich krytyczna oce-
na.
Napiórkowski J. Przystosowanie tur-
bopomp do pracy w roli kompen-
satorów.
Bładowski S., Peretiatkowicz A. Doś-
wiadczenie w zakresie poprawy cos
fi w przemyśle węglowym.
Pijewski J. Doświadczenie w zakresie
poprawy cos fi w polskim przemyśle
włókienniczym (bawełnianym).
Siciński Z. Zagadnienie produkcji w
Polsce kondensatorów na 380 i 6000
V do poprawy cos fi.
Krajowa konferencja w sprawie popra-
wy współczynnika mocy.
Kuniewski H. Zagadnienia wspólne dla
telekomunikacji i energetyki.
Przegląd czasopism:
Granice dokładności elektrycznych
przyrządów pomiarowych.
Uchwała Prezydium Rządu w sprawie
pogłębienia współpracy organów ad-
ministracji gospodarczej ze stowa-
rzyszeniami naukowo-technicznymi
zrzeszonymi w NOT.
Gospodarka Ciepła — Energetyka
Przemysłowa.
Przegląd Dokumentacyjny Elektrotech-
niki.

СОДЕРЖАНИЕ

Нова Хута.
Государственные премии в области
электротехники и смежных про-
блем (1953 г.).
Михейда Ю. Вопросы реактивной
мощности в энергетической си-
стеме.
Лятек В. Методы улучшения коэф-
фициента мощности и их крити-
ческая оценка.
Напюрковский Я. Приспособление
турбогенераторов к работе в ка-
честве компенсаторов.
Блядовский С., Перетяткович А.
Опыт в повышении коэффи-
циента мощности в каменно-
угольных коях.
Пиевский Ю. Опыт в улучшении
коэффициента мощности в поль-
ской текстильной (хлопчатобу-
мажной) промышленности.
Сицинский З. Вопросы производ-
ства в Польше конденсаторов
для 380 и 6000 в.
Конференция по вопросам улуч-
шения коэффициента мощности.
Куневский Х. Общие проблемы
в области связи и энергетики.
Обзор журналов:
Пределы точности электриче-
ских измерительных прибо-
ров.
Постановление Президиума Прави-
тельства по вопросу сотрудниче-
ства хозяйственных органов с на-
учно-техническими обществами,
объединенными в Главной Техни-
ческой Организации.
„Тепловое Хозяйство — Промы-
шленная Энергетика”.
Библиографический обзор электро-
техники.

CONTENTS

Nowa Huta.
State awards for achievements in el-
trical engineering and allied p-
blems (1953).
Michejda J. The problem of react-
volt-amperes in power systems.
Latek W. Methods of improving
power factor and critical review
such methods.
Napiórkowski J. Adaptation of turl-
generators to work as compensato-
Bładowski S., Peretiatkowicz A. Exp-
rience in improving the power fac-
in collieries.
Pijewski J. Experience in improvi-
the power factor in the Polish text-
industry (cotton).
Siciński Z. The problem of constructi-
in Poland of 380 V and 6000 V co-
ndensers designed to improve the p-
wer factor.
National conference on power fact-
improvement.
Kuniewski H. Common problems
telecommunication and power eng-
neering.
Review of periodicals:
Performance limits in electrical i-
struments.
Decision of the Government Presidiu-
in the matter of consolidating c-
operation between economic admini-
stration bodies and scientific a-
technical associations grouped in t-
Chief Technical Organisation.
„Thermal Economy — Industrial P-
wer Engineering”.
Electrical Bibliographic Review.

Warunki prenumeraty PRZEGLĄDU ELEKTROTECHNICZNEGO w 1953

I. Prenumerata normalna

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

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

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

II. Prenumerata ulgowa

Prenumerata ulgowa wynosi: roczna 54 zł, półroczna 27 zł, kwartalna 13,50 zł.

Z prenumeraty ulgowej korzystać mogą tylko:

1) członkowie stowarzyszeń inżynierów i techników zrzeszonych w NOT oraz członkowie klubów racjonalizacji i techniki — przy zamawianiu zbiorowym przez mężów zaufania lub koła zakła-

dowe stowarzyszeń technicznych NOT i Oddziałów NOT; członkowie stowarzyszeń, nie mający możliwości zgłaszania prenumeraty w tym trybie, mogą kierować zamówienia przez swe stowarzyszenia do właściwego Oddziału NOT;

2) studenci szkół wyższych przy abonowaniu zbiorowym przez koła naukowe uczelni lub inne stowarzyszenia szkół wyższych.

Zgłoszenia na prenumeratę ulgową należy składać:

na III kwartał — do 1 czerwca 1953 r.,

„ IV „ — do 1 września 1953 r.

Zgłoszenia na prenumeratę ulgową przez Oddziały NOT, koła naukowe studentów szkół wyższych oraz dyrekcje szkół zawodowych należy przysyłać do PPK „Ruch”, Warszawa, Centralna Ekspedycja, ul. Srebrna 12, wpłacając jednocześnie należności do PKO na konto nr I—14000/110.

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 Zarnecki

Rok XXIX

Warszawa, 21 września 1953 r.

Zeszyt 9

Nowa Huta

Plan 6-letni, plan budowy podstaw socjalizmu, zmienia strukturę gospodarczą naszego kraju z rolniczej na rolniczo-przemysłową drogą olbrzymich inwestycji we wszelkich dziedzinach życia narodowego, przede wszystkim zaś w przemyśle — zwłaszcza kluczowym.

Uprzemysłowienie kraju wymaga wielkiego zużycia stali — zarówno stali do budowy nowych zakładów przemysłowych, jak i stali-surowca do przeróbki w nowych i starych fabrykach. W okresie międzywojennym zajmowaliśmy jedno z dalszych miejsc w światowej produkcji stali osiągać w roku 1937 niepełna 1,47 mln. ton i to głównie dzięki gorączkowo już wtedy prowadzonym zbrojeniom. W r. 1932, w czasie kryzysu ekonomicznego, produkcja stali wynosiła zaledwie 0,56 mln. ton. Przystarzałe i ubogie hutnictwo polskie było w warunkach nieudolnej gospodarki kapitalistycznej jeszcze za duże dla naszej zamierającej gospodarki.

Sytuacja zmienia się zasadniczo z chwilą objęcia władzy przez lud i wkroczenia kraju na tory gospodarki socjalistycznej. Burzliwy rozwój ekonomiczny, olbrzymie inwestycje szybko wykazały, że nasze hutnictwo — mimo uruchomienia wszystkich nieczynnych przed wojną zakładów, mimo zwielokrotnienia produkcji przez zastosowanie nowatorskich przeszczerpionych ze Związku Radzieckiego metod — nie jest w stanie zaspokoić potrzeb gospodarki. Choć już w r. 1948 osiągnęliśmy w swej produkcji prawie 2 mln. ton, głód stali nadal się powiększał.

Ponieważ jasne było, że szeroko zakrojone plany rozbudowy istniejących i odbudowy zdewastowanych hut mogą jedynie zmniejszyć niedobór stali, nie dadzą jednak rozwiązania trwałego, ostatecznego, zapadła decyzja budowy nowej, ogromnej huty, której produkcja przewyższałaby produkcję wszystkich przedwojennych hut w Polsce. Powstał plan budowy wielkiego kombinatu, który by wytwarzał stal oraz najniezbędniejsze do produkcji stali surowce i materiały, będąc organizmem w dużej mierze samowystarczalnym. Plan ten realizujemy, budując Nową Hutę, której roczna produkcja ma wynosić 1,5 mln. ton stali i będzie obejmować takie wyroby hutnicze, jak blacha walcowana na gorąco i na zimno, blacha uszlachetniona, drobne pro-

file walcowane, drut. Plan ten realizujemy niezależnie od takich osiągnięć w polskiej metalurgii żelaza i stali, jak uruchomienie wielkich pieców w Hucie Kościuszko i w Hucie im. B. Bieruta w Częstochowie oraz zgniatacza w Hucie Bobrek.

Własna fabryka ma dostarczać Nowej Hucie materiałów ogniotrwałych, zużywanych przy produkcji w ogromnych ilościach. Koksoownie będą dostarczały wielkim piecom koksu, a gazu piecom martenowskim w stalowni. Ze względów oszczędnościowych ten cenny gaz będzie mieszany z gazem wielkopieco-



wym, zaoszczędzony zaś gaz koksowy będzie oddawany do sieci dalgazu, a nadmiar gazu wielkopiecowego będzie spalany w paleniskach kotłowych siłowni.

Siłownia będzie dostarczać nie tylko pary dla turbodmuchaw i energii elektrycznej dla licznych silników huty, ale także ciepła w postaci zarówno pary do celów technologicznych, jak i wody gorącej do ogrzewania hal fabrycznych i mieszkań robotniczych w pobliskim mieście. Elektrociepłownia Nowej Huty, wyposażona w wielkie zautomatyzowane kotły na ciśnienie 110 atm, będzie jedną z najnowocześniejszych elektrowni przemysłowych na świecie. Szerokie, nie spotykane u nas dotąd zastosowanie silników synchronicznych do napędu nawet takich maszyn, jak walcarki, pozwoli nie tylko wytworzyć moc bierną, pobieraną w samej hucie przez silniki asynchroniczne i do innych potrzeb, ale

również umożliwi oddawanie do sieci okręgowej nadmiaru mocy biernej.

Żużel wielkopiecowy przeważnie zalegający na naszych starych hutach w haldach stanie się tu surowcem do wyrobu cennego i równie jak stal potrzebnego w inwestycjach cementu.

Jako źródło surowców dla Nowej Huty przewidziano: dla węgla koksującego — okręgi gliwicki, rybnicki i wałbrzyski, dla rudy — Krzywy Róg, dla materiałów ogniotrwałych — okręgi bolesławiecki i kielecki.

Pojemność wielkich pieców w Nowej Hucie będzie wynosić 1000 m³ i więcej (wobec 420 m³ pojemności największego pieca przed wojną w hucie Kościuszk). Piece martenowskie będą w Nowej Hucie o pojemności 185 i 370 t wobec największej pojemności pieca w naszych hutach przed wojną 50 t. Zarówno wielkie piece, jak i piece martenowskie będą całkowicie zmechanizowane i zautomatyzowane.

Moc zgniatacza w Nowej Hucie będzie 7 razy większa niż moc zgniatacza w Hucie Kościuszk.

Nowa Huta będzie produkować koks hutniczy najwyższej jakości, niezbędny do zwiększania pojemności wielkich pieców.

W sposób najbardziej nowoczesny będzie rozwiązane w Nowej Hucie zagadnienie transportu materiałów (węgla, rudy, koksu, złomu, topników), których ilość wyniesie około 20 mln. ton rocznie. Transport ten będzie całkowicie zmechanizowany i zautomatyzowany oraz wyposażony obficie w samoczynną aparaturę kontrolującą, pomiarową, regulacyjną.

Dzięki tak przemyślanej, skojarzonej gospodarce, dzięki jak najdalej posuniętej mechanizacji i automatyzacji procesów wytwórczych, dzięki zastosowaniu wielkich ekonomicznych jednostek oraz dzięki właściwemu zużyciu i przerabianiu wszelkich produktów ubocznych i odpadów osiągnię się w Nowej Hucie produkcji nie tylko wielką, ale i taną.

Tych śmiałych zamierzeń nie byłibyśmy w stanie dokonać własnymi tylko siłami. Brak nam było doświadczenia w budowie tak wielkich i skomplikowanych zespołów przemysłowych, brak było konstruktorów obznajmionych z projektowaniem olbrzymich jednostek wytwórczych (np. wielkie piece będą kilkakrotnie większe od największych budowanych u nas dotychczas). Brak nam było wielu nie wytwarzanych u nas dotąd urządzeń, których nie mogłyby nam nawet dostarczyć związane pętami planu Marshalla kraje zachodniej Europy. Realizacja naszych wielkich zamierzeń została jednak umożliwiona dzięki braterskiej pomocy Związku Radzieckiego. Otrzymaliśmy stamtąd wzorową doku-

mentację, dostajemy stamtąd wszelkie urządzenia, których w kraju sami jeszcze wykonać nie potrafimy.

Oczywiście, wszystko, co możemy zrobić sami, będzie wykonane w Polsce. Stąd też na przemysł krajowy spadł obowiązek dostarczenia ogromnej ilości urządzeń i materiałów dla naszej gigantycznej budowy. Dla podkreślenia wagi tej największej inwestycji planu sześcioletniego i dla zapewnienia jej pomocy Prezydium Rządu powołało 4 maja r.b. uchwałę w sprawie ustalenia generalnych zadań budowy i terminu oddania do użytku pierwszego etapu budowy kombinatu Nowa Huta. O ogromie zadań, które ma wykonać przemysł krajowy, świadczą następujące rozmiary obowiązujących go dostaw w ciągu 1953 r.: ponad 40 000 konstrukcji stalowych (więcej niż połowa naszej całej produkcji krajowej), 20 000 t maszyn i urządzeń oraz 26 000 t materiałów ogniotrwałych*).

Do budowniczych Nowej Huty należą obie najbliższe nam gałęzie polskiego przemysłu, a mianowicie przemysł elektrotechniczny, który musi dostarczyć kabli, silników i różnych aparatów elektrycznych, oraz energetyka, której zadaniem jest zbudować sieci miejscowe i elektrociepłownię oraz połączyć kombinat z siecią okręgową wysokiego napięcia.

Podjęmwane przez załogi wszystkich przedsiębiorstw, budujących Nową Hutę bądź dostarczających dla niej urządzeń, zobowiązania dają rękojmię, że wielkie zadania włożone na te przedsiębiorstwa będą wykonane przedterminowo i kombinat ruszy wcześniej, niż przewidują obecnie oficjalne terminy i harmonogramy.

Budowa Nowej Huty to nie tylko dostarczenie naszej gospodarce ogromnych ilości stali oraz różnych produktów ubocznych, ale równocześnie świetna szkoła jak dla hutników, tak i dla energetyków, elektryków i wszystkich naszych fachowców, którzy będą mieli sposobność pracować przy budowie czy eksploatacji kombinatu i będą mogli się zapoznać z najwyższą, radziecką techniką projektowania, budowy i eksploatacji wielkich zakładów przemysłowych.

„Nowa Huta to podstawowy obiekt Planu 6-letniego, fundament polskiej metalurgii, podstawowe ogniwo procesu uprzemysłowienia Polski i naszego budownictwa socjalistycznego. Nowa Huta — to droga Polski do wysokiej techniki, wysokiej kultury i dobrobytu, to wielka budowla pokoju i socjalizmu w naszym kraju, Nowa Huta — to żywy, wspaniały pomnik przyjaźni i pomocy narodu radzieckiego dla narodu polskiego. Nie będziemy szczędzić sił i umiejętności dla dzieła budowy Nowej Huty“**).

*) Anioła J. Dwa miesiące po uchwale rządu (Tryb. Ludu, 1953, nr 192, str. 3).

**) Zemałtis K. Nowa Huta (Nowe Drogi, 1953, zesz. 7, str. 30).

Nagrody Państwowe za osiągnięcia w dziedzinie elektryki i zagadnień przyległych (1953 r.)

Uchwała Prezydium Rządu z dnia 18 lipca 1953 r.

Dział nauki

Prof. dr inż. Bolesław Konorski — za prace z dziedziny elektrotechniki teoretycznej i nomografii (nagr. II stopnia).

Prof. dr inż. Stanisław Fryze — za całokształt działalności w dziedzinie elektrotechniki teoretycznej i jej zastosowanie praktyczne (nagr. II stopnia).

Dział postępu technicznego

Prof. dr inż. Paweł Szulkin, inż. Jerzy Auerbach, inż. Tadeusz Gawron, inż. Stefan Urbański, inż. Janusz Hryniewicz, inż. Jan Szyszkiewicz, inż. Zdzisław Drejak, Zbigniew Szczypko, starszy technik, Aleksander Łobodziec, starszy technik — za osiągnięcia naukowo-techniczne w dziedzinie radiotechniki (nagr. zespołowa I stopnia).

Dr Ludwik Kozłowski, dr inż. Alojzy Farnik, inż. Walerian Koss, mgr inż. Kazimierz Pogórecki, mgr inż. Jerzy Siewierski, mgr inż. Hanna Żak — za opracowanie produkcji magnesów trwałych (nagr. zespołowa III stopnia).

Mgr Jerzy Telesiński, mgr Bolesław Kartaszyński, mgr Stanisław Dominko, mgr Irena Majewska, mgr Juliusz Bagniewski, inż. Eugeniusz Sokółowski — za wykonanie i wprowadzenie

układów do forsowania generatorów (nagr. zespołowa III stopnia).

Mgr Zygmunt Hasterman, mgr Marek Jaczewski, mgr Jerzy Zieliński — za koordynację izolacji systemów elektroenergetycznych wysokich i najwyższych napięć (nagr. zespołowa III stopnia).

Inż. Maksymilian Podkowa, inż. Janusz Lesiowski, Adam Chwiałkowski, ślusarz — za opracowanie prototypu i serii produkcyjnej urządzenia SPZ do wyłączników pełnoolejowych (nagr. zespołowa III stopnia).

Mgr inż. Renald Woźniak, inż. Paweł Buzek, Franciszek Krakowczyk, ślusarz, kierownik warsztatu mechanicznego, Jan Meisner, mistrz elektryk, Paweł Banaś, mistrz elektryk, Augustyn Adamoszek, monter brigadzysta, Gerard Guzy, monter elektryk, inż. Franciszek Jagiello — za rozwiązanie techniczne i wykonanie muf kabli olejowych (nagr. zespołowa III stopnia).

Mgr inż. Jan Trojak, mgr inż. Jerzy Bekker, mgr inż. Janusz Radecki, Ludwik Odoj, starszy technik, mgr inż. Juliusz Wróblewski — za opracowanie i wprowadzenie oryginalnych układów zabezpieczeń i automatyki elektrycznej w elektrowniach i sieciach (nagr. zespołowa III stopnia).

Mgr inż. Jerzy Szmit — za opracowanie nowego typu aparatury radiowej (nagr. III stopnia).

INŻ. JÓZEF MICHEJDA

Problem mocy biernej w układzie energetycznym

621.3.016.25:621.311

Treść. Rozbudowa układów energetycznych, a zwłaszcza rozwój pracy równoległej elektrowni i sieci oraz przesyłu mocy na dalekie odległości, powodują konieczność rozwiązywania wielu zadań technicznych i ekonomicznych dla opanowania problemu mocy biernej z punktu widzenia układu energetycznego jako całości. Autor omawia główne miejsca poboru mocy biernej i analizuje warunki przez nią wytworzone w poszczególnych ogniwach układu, a mianowicie u odbiorcy, w transformatorach i w liniach napowietrznych. Omówione są zagadnienia wytwarzania mocy biernej w elektrowniach, ograniczenia jej powstawania oraz kompensacji w sieciach.

Вопросы реактивной мощности в энергетической системе. Развитие энергетических систем, в особенности развитие параллельной работы электростанций и сетей, а также передачи энергии на дальние расстояния, требуют разрешения многочисленных задач технического и экономического характера для того, чтобы справиться с вопросами реактивной мощности в энергетической системе в целом. Автор рассматривает главные места потребления реактивной мощности и анализирует создаваемые ею условия в отдельных звеньях системы, а именно у потребителя, в трансформаторах, в воздушных линиях. Обсуждаются вопросы производства реактивной мощности в электростанциях, а также ее ограничения и компенсации в сетях.

The problem of reactive volt-amperes in power systems. The expansion of power systems and, in particular, the development of parallel electric plant and grid system operation, necessitate, together with the transmission of power over long distances, the solving of numerous engineering and economic problems, as a means towards mastering, from the point of the power system conceived as a whole, the problem of reactive volt-amperes. The author deals with the places at which reactive volt-amperes are chiefly being consumed, and analyses the conditions thereby caused in individual elements of the system, that is to say — at the consumer, in transformers and overhead lines. He reviews, moreover, problems of generating reactive volt-amperes in electric plants, of restricting their occurrence and of compensation in power systems.

1. Kształtowanie się problemu mocy biernej w układzie energetycznym.

Rozwojowi elektryfikacji naszego kraju w okresie powojennym towarzyszą zakrojona na coraz większą skalę praca równoległa elektrowni i sieci oraz przesyłu energii na znaczne odległości. Elektrownie i sieci miejscowe łączone są siecią okręgową wysokich napięć i tworzą zespoły, kierowane przez zarządy energetyczne okręgów (Z.E.O.), które obejmują swą działalnością pewną gospodarczą i energetyczną całość i stanowią organizacyjną jednostkę terenową. Wymiana energii pomiędzy okręgami odbywać się będzie w dalszym rozwoju, poza drobną wymianą pograniczną, głównie liniami sieci państwowej najwyższych napięć, które z czasem złączą wszystkie okręgi w jeden ogólnokrajowy układ energetyczny.

Przesył energii na dalekie odległości odbywa się w znacznie większych rozmiarach w krajach obfitujących w zasoby wodne, w szczególności w ZSRR. Wyzyskanie sił wodnych na wielką skalę przyczynia się do oszczędności cennego surowca, jakim jest węgiel, i zwolnienia środków transportowych do innych celów. Gigantyczne budowle komunizmu, jak elektrownia na Wołdze w Kujbyszewie o mocy 2000 MW i w Stalingradzie o mocy 1700 MW, dostarczać będą energię elektryczną na odległości sięgające 1000 km.

W Polsce kierunek rozwojowy jest podobny, jakkolwiek nie na taką wielką skalę. Rozwój elektryfikacji pociąga za sobą konieczność szybkiej rozbudowy sieci wysokich i najwyższych napięć. Toteż znaczenie ich w naszym planie inwestycyjnym z roku na rok wzrasta.

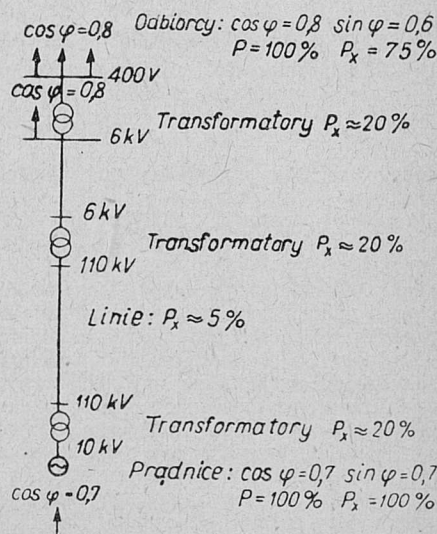
Spśród problemów, które należy przy tym rozwiązać, na czoło wysuwa się szereg zagadnień natury technicznej i ekonomicznej, dotyczących opanowania mocy biernej. O zagadnieniach tych nie można decydować z osobna jako o zagadnieniach zbytu energii, przesyłu lub wytwarzania, lecz należy je ujmować z punktu widzenia układu energetycznego jako całości. Przepływ bowiem mocy biernej powoduje nie tylko straty i zmniejsza przepustowość urządzeń, lecz stwarza dodatkowe trudności w utrzymaniu napięcia i stateczności w pracy układu, co szczególnie jaskrawo występuje przy przesyśle i wymianie energii na dalekie odległości.

W okresie budowy pierwszych sieci okręgowych o napięciu 60 — 110 kV próbowano opanować trudności w utrzymaniu poziomu napięcia przez zastosowanie odpowiedniego regulowania napięcia w prądnicach elektrowni i zwiększanie zakresu takiej regulacji. Zabieg ten ma jednak wpływ jedynie na sterowanie rozpięciem mocy biernej, nie przyczynia się zaś do jej opanowania. Szczególnie dotkliwie odczuwa się konieczność zastosowania skutecznych środków opanowania mocy biernej w okresie burzliwego wzrostu zapotrzebowania energii elektrycznej przez odbiorców (czego świadkami jesteśmy obecnie) przy niedostatecznej rozbudowie urządzeń sieciowych.

Przedsiębrane dotychczas przez odbiorcę środki poprawy współczynnika mocy oraz nacisk taryfowy stosowany przez dostawcę okazały się niewystarczające. Spotyka się nadal wiele zakładów przemysłowych, w których współczynnik mocy jest bardzo niski. W nowoprzylączonych zakładach sytuacja nie jest lepsza, ponieważ silniki dobierane są często niewłaściwie i z nadmiernym zapasem mocy, przez co nieraz przyłączenie nowego zakładu powoduje obniżenie współczynnika mocy w zasilającym ogniwie układu energetycznego. Silniki kompensowane należą nadal do wyjątków, a silnik zwarty, ze względu na jego prostą budowę, używany jest powszechnie we wszystkich zakładach. Ponadto przejście z napędu grupowego na napęd indywidualny, stosowanie prostowników zamiast przetwornic synchronicznych itp. jest dalszą przyczyną niekorzystnego kształtowania się zapotrzebowania mocy biernej.

Przy projektowaniu nowych zakładów za mało uwagi poświęca się poprawie współczynnika mocy, przede wszystkim środkami bezpośrednimi. Toteż słusznie wprowadzone w życie „Przepisy o dostawie i użytkowaniu energii elektrycznej” część I, ogłoszone w Monitorze Polskim A 75 poz. 1201 z 8.IX.1951 r., nakładają na odbiorcę obowiązek uzgadniania projektów nowych urządzeń przemysłowych z zakładami zbytu energii, a dają nawet tym zakładom prawo odłączenia zakładu przemysłowego w razie utrzymywania współczynnika mocy poniżej 0,4 i niepodejmuwania środków do jego poprawy.

W obecnych warunkach niedoboru mocy naczelnym i wspólnym zadaniem dostawcy i odbiorcy energii elektrycznej jest jak największe wyzyskanie istniejących urządzeń przy możliwie najmniejszych stratach. Wiadomo zaś, że straty mocy czynnej w urządzeniach wytwórczych i przesyłowych zależą w dużym stopniu od ich obciążenia mocą bierną, w której zapotrzebowaniu główny udział przypada na odbiorcę. Ponadto przepływ nadmier-



Rys. 1. Typowy schemat zasilania i bilans mocy biernej przy przesyśle energii linią napowietrzną o napięciu 110 kV

nej mocy biernej pociąga za sobą zwiększone obciążenie przekroju przewodów i zmniejsza możliwości przesyłu mocy czynnej. Ograniczenie natomiast zapotrzebowania mocy biernej wpływa korzystnie na zmniejszenie strat mocy czynnej, a tym samym stwarza warunki dla pełniejszego wyzyskania turbin i kotłów, umożliwia większe obciążenie mocą czynną linii napowietrznych, kabli, transformatorów i prądnic oraz przyczynia się do poprawy jakości dostarczanej energii przez zmniejszenie wahań napięcia.

W tych warunkach problem mocy biernej w układzie energetycznym ma doniosłe znaczenie i powinien stać się przedmiotem dużego zainteresowania ogółu pracowników elektroenergetycznych zarówno w energetyce zawodowej, jak i przemysłowej.

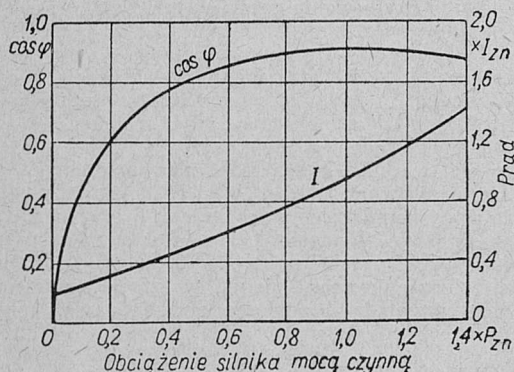
2. Zapotrzebowanie mocy biernej przez odbiorców.

Moc bierna, a ściślej biorąc prąd magnesujący, powodujący przesunięcie fazowe pomiędzy prądem a napięciem w obecnym, przeciętnym układzie sieciowym, pochłaniany jest w ok. 65 — 70% przez przyłączone silniki, w ok. 20 — 25% przez transformatory oraz w ok. 10% przez sieci napowietrzne i pozostałe urządzenia. Silnik elektryczny indukcyjny jest więc najpoważniejszym odbiorcą mocy biernej.

Rys. 1 przedstawia typowy schemat zasilania. Wszystkie urządzenia, biorące udział w zasilaniu — poczynając od prądnic elektrowni przez transformatory, linie napowietrzne i sieć

rozdzielczą — obciążone są mocą czynną i bierną, zapotrzebowaną przez odbiorców. Ponieważ zaś udział odbiorców przemysłowych w poborze energii przewyższa kilkakrotnie udział drobnych odbiorców, nie uczestniczących praktycznie w poborze mocy biernej, przeto jasną jest rzeczą, że decydujący wpływ na kształtowanie się współczynnika mocy w układzie energetycznym mają odbiorcy przemysłowi. Aczkolwiek w dzisiejszych silnikach elektrycznych nie można wyeliminować poboru przez nie mocy biernej, jednak w racjonalnej gospodarce silnikami w zakładzie przemysłowym tkwi główne źródło ograniczenia zapotrzebowania tej mocy w sposób najbardziej słuszny.

Rys 2 przedstawia zależność współczynnika mocy od stopnia obciążenia silnika asynchronicznego, to jest od stosunku obciążenia rzeczywistego do mocy znamionowej silnika. Poczynając od stopnia obciążenia poniżej 0,6 zaczyna się raptowny spadek $\cos \varphi$. Niski stopień obciążenia pociąga za sobą także niski współczynnik wydyskowania mocy zainstalowanej, wiadomo zaś, że współczynnik ten jest w wielu zakładach przemysłowych bardzo niski i wynosi od 0,2 do 0,5 zależnie od gałęzi przemysłu. Przyczyną tego stanu rzeczy jest — oprócz szczególnych właściwości



Rys. 2. Charakterystyki silnika asynchronicznego: przebieg $\cos \varphi$ i obciążenia prądowego w zależności od stopnia obciążenia mocą czynną

danego zakładu przemysłowego i charakteru procesu technologicznego — głównie niedociążenie silników. Stąd też słusznie „Przepisy o dostawie i użytkowaniu energii elektrycznej” nakładają na odbiorców przemysłowych obowiązek właściwego obciążania silników. Według rozdz. VII, § 32, pkt. 6 „odbiorca powinien prowadzić ruch silników, transformatorów, pieców elektrycznych i innych odbiorników w sposób zapewniający racjonalną oszczędność energii elektrycznej i optymalną wartość współczynnika mocy”. Wykonanie tego obowiązku zależy nie tylko od właściwego doboru silników nowostawianych, lecz również od wymiany istniejących silników, która to akcja powinna być prowadzona w przemyśle na wielką skalę.

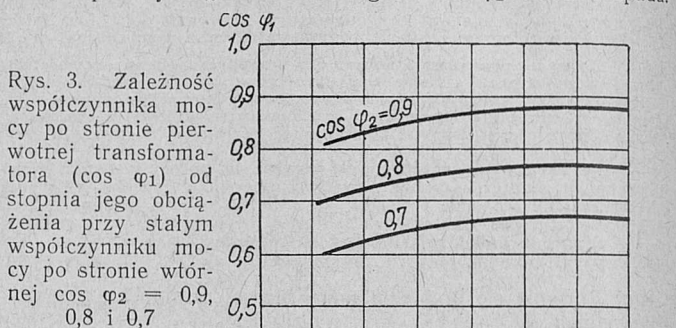
Dalsze ograniczenie mocy biernej w zakładzie przemysłowym powinno polegać na stosowaniu silników synchronicznych do napędu wielkich maszyn, jak sprężarki, pompy itp. Dla silników tych należy ustalać odpowiedni program pracy, aby przy przezbudzeniu mogły one pokryć zapotrzebowanie mocy biernej licznych silników asynchronicznych, zainstalowanych w tym samym zakładzie przemysłowym.

Na wzmiankę zasługują również trudności związane z poborem mocy biernej przy stosowaniu w coraz większym stopniu pieców łukowych i prostowników. Średni współczynnik mocy tych odbiorników jest co prawda dość wysoki, jednakże nagłe uderzenia mocy biernej występujące przy ruchu tych odbiorników są bardzo nieprzyjemne. Na przykład uruchamianie wielkich silników walcowniczych, zasilanych przez prostowniki, może powodować tak znaczne uderzenia mocy biernej, że utrzymanie odpowiedniego poziomu napięcia w sieci staje się bardzo poważnym zagadnieniem.

3. Transformator jako odbiornik mocy biernej.

Bardzo poważnym odbiornikiem mocy biernej jest transformator. Moc zainstalowana transformatorów w układzie energetycznym przewyższa 3 do 4 razy moc zainstalowaną prądnic. Około 80% mocy biernej pochłanianej przez transformatory przypada na ich pracę w stanie jałowym. Stąd też znaczne rezultaty ograniczenia mocy biernej możemy osiągnąć przez wymianę transformatorów pracujących w stanie niedociążonym na jednostki mniejsze oraz przez pełne obciążanie transformatorów i odłączanie ich podczas biegu jałowego, nie zaniedbując przy tym zabezpieczenia pewności zasilania szczególnie ważnych odbiorów.

Z przebiegu krzywych na rys. 3, przedstawiających zależność współczynnika mocy po stronie pierwotnej ($\cos \varphi_1$) od stopnia obciążenia transformatora po stronie wtórnej przy $\cos \varphi_2 = 0,9, 0,8$ i $0,7$ wynika, że przy obniżeniu obciążenia transformatora poniżej 60% znamionowego — $\cos \varphi_1$ znacznie spada.



Dalsze przesunięcie fazowe powstaje w transformatorze w związku z rozproszeniem pola. Np. w transformatorze o mocy znamionowej 100 MVA i o napięciu zwarcia $u_k = 15\%$ odpowiada on przy pełnym obciążeniu stracie mocy biernej 15 MVar. Straty tego rzędu powinny być już brane pod uwagę przy wyborze schematu zasilania i rodzaju jednostek transformatorowych w układzie energetycznym.

W miarę rozbudowy układów energetycznych wzrasta liczba i moc przyłączonych transformatorów, a tym samym ich udział w ogólnym zapotrzebowaniu mocy biernej. Można przy tym przyjąć, że połowa mocy biernej pochłanianej przez transformatory przypada na jednostki zainstalowane w zakładach przemysłowych.

4. Moc bierna linii napowietrznych.

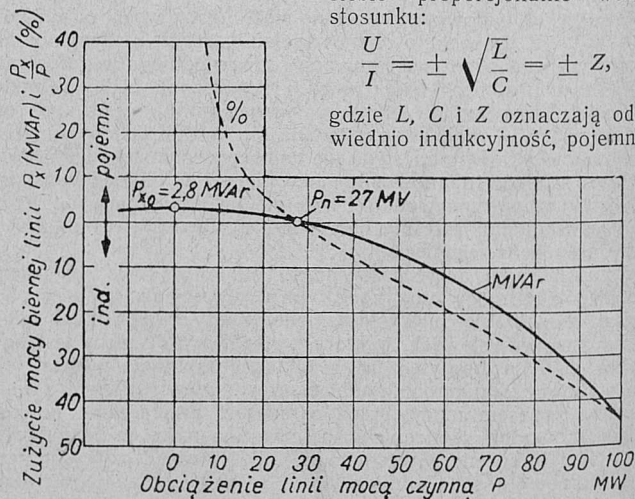
a) Zapotrzebowanie mocy biernej linii napowietrznych. W ogólnym zapotrzebowaniu mocy biernej układu energetycznego udział przypadający na linie napowietrzne jest nieznaczny, bo wynosi ok. 10%. Moc bierna zaczyna odgrywać znaczną rolę dopiero w liniach bardzo wysokich napięć, praktycznie poczynając od 100 kV.

Jak widać z rys. 4, w linii o napięciu 110 kV i 100 km długości moc ładowania wynosi ok. 2,8 MVar. Wpływ mocy biernej w liniach o napięciu 220 kV jest znacznie większy; moc ładowania wynosi mianowicie dla długości 100 km i jednego toru ok. 14 MVar. Przy jeszcze wyższych napięciach, np. 400 kV, opanowanie mocy biernej linii jest problemem trudnym i wymaga zastosowania specjalnych zabiegów.

b) Moc naturalna linii. Linie przesyłowe, zawierając indukcyjność i pojemność, są obwodami drgającymi, w których mogą powstawać fale elektromagnetyczne. Napięcie i prąd takich fal są w każdym czasie i w każdym miejscu do siebie proporcjonalne według stosunku:

$$\frac{U}{I} = \pm \sqrt{\frac{L}{C}} = \pm Z,$$

gdzie L , C i Z oznaczają odpowiednio indukcyjność, pojemność



Rys. 4. Wycinek wykresu kołowego linii napowietrznej o napięciu 110 kV i długości 100 km bez uwzględnienia strat mocy czynnej: zużycie mocy biernej P_x w MVar i w procentach mocy czynnej w zależności od obciążenia linii mocą czynną

i opór falowy linii. Najkorzystniejsze warunki przesyłu energii dla tego rodzaju obwodów występują w dwu przypadkach:

1) kiedy napięcie i prąd w punktach końcowych i wzdłuż całej linii są zgodne w fazie; warunek ten jest spełniony, jeżeli przesyłana moc jest tylko mocą czynną, to jest jeżeli układ pracuje przy $\cos \varphi = 1$;

2) kiedy stosunek napięcia do prądu w punktach końcowych oraz wzdłuż całej linii nie ulega zmianom i równy jest wartości oporu falowego linii.

Warunki tego rodzaju powstają wówczas, kiedy przez linię przepływa tzw. moc naturalna linii:

$$P_n = I^2 \cdot Z = \frac{U^2}{Z}.$$

Dla warunków pokazanych na rys. 4 moc naturalna wyniesie np. 27 MW. Przy innych mocach wystąpi już w linii zużycie mocy biernej — indukcyjnej lub pojemnościowej.

W praktyce obciążenie linii nie jest jednak stałe, a więc często różni się od mocy naturalnej. W sieciach okręgowych o napięciu 110 kV moc przesyłana ekonomicznie na odległości od 100 ÷ 120 km zwykle przewyższa moc naturalną takich linii. Natomiast sieci państwowe o napięciu 220 kV i przy długości 200 ÷ 240 km obciążone są zwykle mocą bliską mocy naturalnej linii, która wynosi w tym przypadku 120 MW.

Przy przesyśle mocy naturalnej moc biernej — indukcyjnej i pojemnościowej — samej linii kompensują się wzajemnie bez stosowania środków dodatkowych. W innych przypadkach trzeba już tworzyć sztucznie warunki kompensowania mocy biernej dla różnych obciążeń linii przez włączenie wzdłuż linii, w pewnych punktach, dodatkowych oporów indukcyjnych i pojemnościowych, regulowanych zależnie od przesyłanych linii mocy.

c) **Regulacja napięcia.** Moc bierna przenoszona w układzie energetycznym powoduje spadki napięć i stwarza dodatkowe trudności dla utrzymania odpowiedniego poziomu napięcia. W każdym przypadku przesyłu mocy czynnej w dowolnie pomyślanym ogniwie układu energetycznego zależy od nastawienia regulatorów turbin. Każde zaś wartości przesyłanej mocy czynnej odpowiada właściwy dla danych warunków współcz. mocy też względu na to, czy moc jest przesyłana przy pewnej różnicy napięć w tym lub innym kierunku, czy też przy tych samych napięciach. Napięcie w poszczególnych punktach sieci uwarunkowane jest dodatkową składową spadku napięcia, wywołanego przez przepływający w danym ogniwie prąd bierny, wyprzedzający lub opóźniający, zależnie od wielkości wzbudzenia prądnic. Zmiana napięcia prądnic wywołana przez regulację ich wzbudzenia powoduje w zasadzie tylko zmianę w rozpięciu mocy biernej. Zmienność napięcia w danym ogniwie zależy przy tym nie tylko od rozpięciu mocy biernej, lecz również

w dużym stopniu od stosunku $\frac{R}{\omega L}$ dla danego ogniwu układu energetycznego. Im mniejszy jest ten stosunek, to jest im większa jest indukcyjność ogniw, tym większa jest dodatkowa składowa spadku napięcia i tym trudniejsze są warunki regulacji napięcia, a więc tym większy musiałby być zakres regulacji napięcia prądnic.

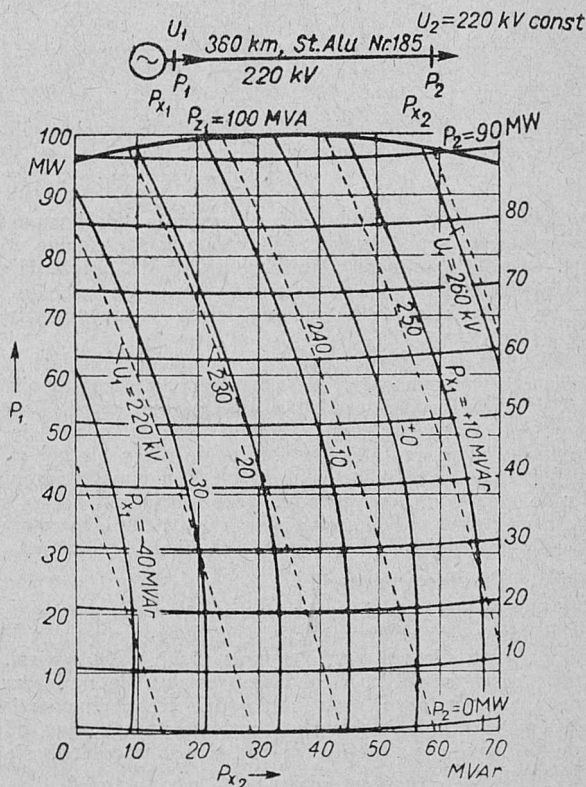
Dalszą trudność w regulacji napięcia powoduje skomplikowany nieraz układ połączeń, jak na przykład zasilanie przez kilka elektrowni pewnego okręgu i równoczesny przesył lub wymiana energii z innymi okręgami liniami różnych napięć. W takiej sytuacji prawidłowe warunki regulacji napięcia uzyska się wówczas, gdy prądnice elektrowni przejmą regulację napięcia szyn zbiorczych dla własnego okręgu zasilania, regulacja zaś napięcia w liniach przesyłowych, sprzęgających elektrownie z innymi sieciami, będzie przejęta przez transformatory regulacyjne (pod obciążeniem) lub przez transformatory dodatkowe. Najkorzystniejsze warunki regulacji istnieją jednak wówczas, kiedy unika się w ogóle przesyłu mocy biernej, to jest kiedy przesył odbywa się przy $\cos \varphi = 1$.

Rys. 5 przedstawia wykres przesyłu linią o napięciu 220 kV, zasilającą odbiory (sieć 110-kilowoltową) w odległości 360 km przy stałym napięciu końcowym $U_2 = 220$ kV. Przy odbiorze 90 MW mocy czynnej i 30 MVAR mocy biernej napięcie na początku linii wynosi 242 kV, a więc spadek napięcia w linii wynosi ok. 10 %. Dla zachowania należytych warunków regulacji napięcia dopuszczalny spadek napięcia w linii nie powinien przekraczać 10 ÷ 20 %.

Gdyby współczynnik mocy sieci rozdzielczej 110-kilowoltowej, zasilanej ze stacji końcowej 220 kV, wynosił np. 0,7, wówczas — aby nie dopuścić do dalszego spadku napięcia na linii 220 kV — dodatkowa moc bierna 90 — 30 = 60 MVAR musiałaby być wytworzona w miejscu odbioru energii z linii 220-kilowoltowej.

Z powyższego wynika, że przy przesyśle energii liniami dalekosiężnymi problem mocy biernej nabiera poważnego znaczenia. Moc bierna niezbędna dla dalekiego ośrodka spożycia, którego $\cos \varphi$ jest niski nie może być dostarczona z linii przesyłowej z powodu zbyt wielkich spadków napięcia i niemożności utrzymania poziomu napięcia przez odległe źródło wytwarzania, lecz musi być wytworzona na miejscu.

Wytwarzanie mocy biernej przez kompensatory synchroniczne stwarza dla podobnych okoliczności i przy dzisiejszym stanie techniki najkorzystniejsze warunki regulacji napięcia i umożliwia przesył przy różnych obciążeniach linii przy $\cos \varphi = 1$. Poza kompensacją mocy biernej w urządzeniach dostawcy przez instalowanie kompensatorów synchronicznych zwłaszcza wówczas, kiedy kompensacja mocy biernej rozwiązuje równocześnie regulację napięcia, nie należy oczywiście zapominać o kompensacji mocy biernej u odbiorców energii, jeżeli nie da się sprowadzić poboru tej mocy do poziomu dopuszczalnego drogą poprzednio wspomnianych zabiegów bezpośrednich.



Rys. 5. Wykres linii 220-kilowoltowej jednotorowej o długości 360 km; stal-alum. nr 185; napięcie końcowe $U_2 = \text{const}$.

d) **Stateczność układu.** Obciążanie linii dalekosiężnych mocą bierną powoduje nie tylko trudności w utrzymaniu napięcia, lecz również pogorszenie stateczności przy większych odległościach i przy wyższych napięciach przesyłowych.

Na wykresie z rys. 6 dla linii 400-kilowoltowej, sporządzonym dla stałego napięcia początkowego $U_1 = \text{const}$, uwidoczniło charakterystyki linii dla różnych kątów przesyłu θ wzdłuż linii — (kąt rozchylenia pomiędzy wektorami napięć wzdłuż linii, odpowiadający przestrzennemu przesunięciu osi biegunów wirników prądnicowych). Kąty θ nie powinny przekraczać wartości 300 do 400 z uwagi na stateczność dynamiczną. Z wykresu wynika, że przy tej samej przesyłanej mocy czynnej kąt przesyłu linii jest tym większy, im większa jest odbierana moc bierna P_{x2} i im mniejsze jest napięcie końcowe U_2 . Przesyłanie mocy biernej linią dalekosiężną obniża za tym granicę stateczności.

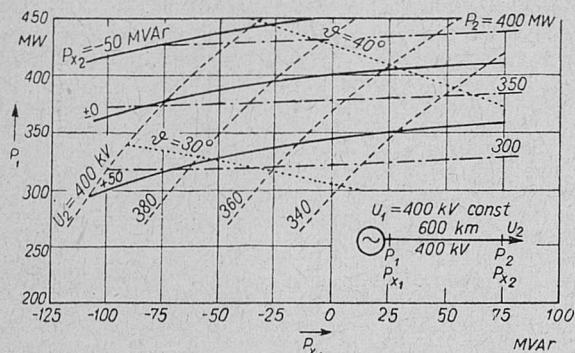
e) **Opanowanie mocy biernej w sieciach.** Zadania, które należy rozwiązać w celu opanowania mocy biernej w sieciach, można podzielić w następujący sposób

1) W liniach przesyłowych o napięciu 220 kV i wyżej zacho- dzi konieczność zastosowania kompensacji mocy ładowania linii. Jeżeli obciążenie linii jest stale mniejsze od jej mocy naturalnej, trzeba włączyć indukcyjność w celu uniknięcia nadmiernego wzrostu napięcia.

2) Jeżeli obciążenie linii jest równe lub większe od jej mocy naturalnej, to trzeba dążyć do przesyłania tylko mocy czynnej, aby uniknąć nadmiernego spadku napięcia. Korzystne warunki

kompensacji mocy biernej i regulacji napięcia można uzyskać przez zainstalowanie kompensatorów synchronicznych, zwłaszcza w odległych i skoncentrowanych ośrodkach spożycia.

3) Jeżeli obciążenie linii przesyłowej przekracza znacznie jej moc naturalną, to trzeba dla polepszenia warunków stateczności instalować kompensatory statyczne w kombinacji z dławikami w celu wyrównania mocy biernej wzdłuż linii.



Rys. 6. Wykres linii 400-kilowoltowej jednotorowej o długości 600 km; stal-alum. nr 400; napięcie początkowe $U_1 = 400$ kV const.

4) Należy rozważyć celowość przesyłania lub kompensowania mocy biernej z punktu widzenia strat. Straty ciepłne w przewodach wzrastają proporcjonalnie do kwadratu natężenia prądu i maleją proporcjonalnie do kwadratu $\cos \varphi$, a więc np. przy $\cos \varphi = 1$ wynoszą tylko połowę strat występujących przy $\cos \varphi = 0,7$.

5) Również o wielkim znaczeniu gospodarczym jest wpływ, który współczynnik mocy wywiera na wyzyskanie przekroju przewodów, a więc i na oszczędność metali kolorowych. Przy dalszych odległościach już choćby z tego powodu opłaca się przesyłanie tylko mocy czynnej i wytwarzanie mocy biernej w miejscowych urządzeniach kompensacyjnych. Ten punkt widzenia należy mieć szczególnie na uwadze przy rosnących odległościach przesyłu oraz przy przybierającej coraz to większe rozmiary pracy równoległej, zwłaszcza w warunkach niedoboru mocy.

5. Wytwarzanie mocy biernej.

Moc bierna jest dotychczas u nas wytwarzana przede wszystkim w prądnicach elektrowni. Zdolność wytwórcza mocy biernej prądnicy synchronicznej wzrasta wraz z jej wzbudzeniem. Jednocześnie przy znacznym wzbudzeniu osiąga się najlepszą stateczność pracy maszyn. Toteż korzystne jest pełne obciążenie prądów maszyn pokrywających obciążenie podstawowe, gdy dysponuje się rezerwą, albowiem w ten sposób zapobiega się również kołysaniu się maszyn.

Nasze prądnice są zbudowane przeważnie na $\cos \varphi = 0,8$, rzadziej na $\cos \varphi = 0,7$. Stosowanie tych ostatnich byłoby może uzasadnione w elektrowniach, położonych w głównym ośrodku spożycia i zasilających bezpośrednio sieć rozdzielczą. Jeżeli jednak elektrownie zasilają odbiory odległe, to — jak już poprzednio wykazano — przesyłanie mocy biernej liniami dalekością jest ze względów technicznych i ekonomicznych niepożądane, a więc ograniczone. Nowe zespoły instalowane obecnie o coraz większej mocy są obliczane na większy niż dotąd $\cos \varphi$ ze względu na znaczne trudności wykonawcze, występujące przy budowie wielkich maszyn dla niższych wartości $\cos \varphi$. Nowe turboprądnice parowe produkcji radzieckiej buduje się: o mocy 100 MW na $\cos \varphi = 0,9$, o mocy 50 MW na $\cos \varphi = 0,85$, o mocy 25 MW dla $\cos \varphi = 0,8$, wszystkie zaś turboprądnice wodne buduje się na $\cos \varphi = 0,8$.

Powyższy stan rzeczy pociąga za sobą zmiany w dotychczasowej praktyce wytwarzania mocy biernej. Obok prądnic elektrownianych, które były dotychczas głównym źródłem tej mocy, muszą znaleźć zastosowanie — daleko większe niż dotychczas — kompensatory synchroniczne i kompensatory statyczne instalowane przez dostawcę energii. Zaletą kompensatorów statycznych są stosunkowo małe straty mocy czynnej w porównaniu ze stratami w kompensatorach synchronicznych. Na przykład, straty w kompensatorze produkcji radzieckiej o mocy 10 000 kVA na 750 obr./min. i 6 kV wynoszą — przy jego pełnym obciążeniu pojemnościowym — 230 kW czyli 2,3 %; w kompensatorze zaś o mocy 25 000 kVA na 600 obr./min. i 11 kV — 565 kW, czyli 2,26 %. W kompensatorach z chłodzeniem wodorowym, które znajdują coraz to większe zastosowanie, straty są mniejsze. Natomiast w kompensatorach statycznych straty mocy czynnej

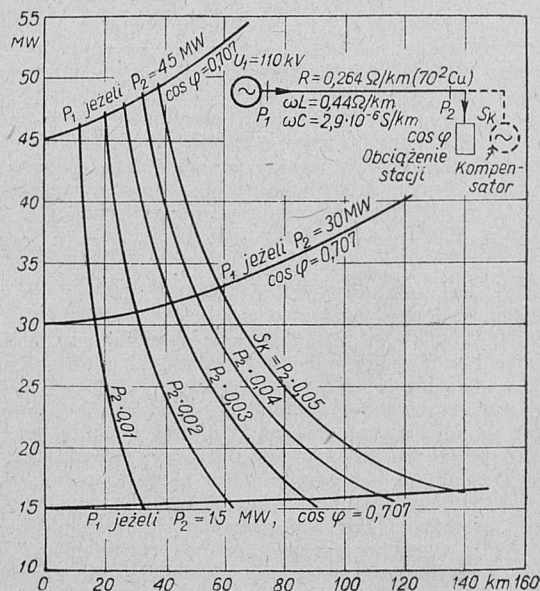
sięgają zaledwie $0,2 \div 0,6$ %. Pomimo wyższych strat kompensatory synchroniczne, instalowane w elektrowniach lub w stacjach węzłowych, dają jednak znaczne korzyści ruchowe i z tego powodu są coraz więcej stosowane w układach energetycznych. Korzyści te polegają na tym, że można je obciążać zarówno mocą pojemnościową, jak i indukcyjną, oraz regulować napięcie w sposób ciągły, bez skoków, czego nie można osiągnąć przy stosowaniu kompensatorów statycznych. Ponadto wirujące maszyny kompensacyjne wspierają stateczność układu przy nagłych uderzeniach obciążenia w sieci lepiej, niż kompensatory statyczne. Wreszcie zastosowanie ich jest również skuteczne i daje szybki wynik w odciążeniu zasadniczych głównych urządzeń układu energetycznego w okresie jego przeciążenia. Toteż do tego celu należy przede wszystkim wykorzystać prądnice elektrowni zawodowych i przemysłowych, nie wyciskane z powodu niedostatecznej mocy kotłów lub z powodu dłuższego remontu turbin.

6. Kompensacja mocy biernej w sieciach.

Najdoskonalszym sposobem rozwiązania problemu mocy biernej w układzie energetycznym jest ograniczanie jej wszelkiego rodzaju środkami bezpośrednimi w miejscu powstawania oraz kompensacja jej w sieciach.

Na schemacie z rys. 1 przedstawiono w procentach pobór mocy biernej w poszczególnych ogniwach układu energetycznego. Z liczb tych wynika, że przy przeciętnym współczynniku mocy u odbiorcy 0,8 współczynnik mocy elektrowni wynosi 0,7 i że ok. 25 % wytworzonej przez generatory mocy biernej, przypada na zużycie w sieci. Rys. 1 pozwala też w przybliżeniu określić, w którym miejscu układu kompensacja mocy biernej będzie najbardziej skuteczna. Powinna ona być mianowicie zastosowana częściowo przez odbiorcę w jego urządzeniach, częściowo zaś przez dostawcę — w sieci.

Ustawianie urządzeń kompensacyjnych jak najbliżej miejsca poboru mocy biernej jest zawsze korzystne, ponieważ wówczas osiąga się największy efekt w zabiegach o zmniejszenie spadku napięcia, zmniejszenie strat i odciążenie urządzeń elektrycznych. Pewien pogląd na ekonomiczną stronę zagadnienia mocy biernej w sieci daje rys. 7 na przykładzie sieci 110-kilowoltowej.



Rys. 7. Przesył mocy biernej linią napowietrzną na 110 kV

Krzywe P_1 oznaczają moc czynną, która musi być przesłana z elektrowni w zależności od odległości stacji (w km) przy jej $\cos \varphi = 0,707$. Krzywe S_k podają odległości, przy których straty mocy czynnej w linii przy $\cos \varphi$ stacji = 0,707 są takie same, jak przy kompensacji mocy biernej do $\cos \varphi = 1$.

Wykres ten daje odpowiedź na pytanie: od jakiej odległości począwszy jest gospodarczo korzystniejsze kompensowanie mocy biernej w sieci, aniżeli wytwarzanie jej w elektrowni i przesył siecią 110-kilowoltową. Jeżeli np. obciążenie jednego toru mocą czynną wynosi 30 MW, a straty mocy czynnej w urządzeniu kompensacyjnym wynoszą 3 %, to gospodarczo uzasadniona granica, do której opłaca się jeszcze przesyłanie mocy biernej, przypada w odległości 40 km od źródła zasilania. Ponad tę odległość będzie się już opłacać kompensowanie mocy biernej na miejscu, nawet z pomocą takich urządzeń, w których strata mocy czynnej wynosi 3 %.

Z przykładu powyższego wynika, że z ekonomicznego punktu widzenia nie należy dążyć bezkrytycznie do kompensowania mocy biernej w sieci. Każdy przypadek wymaga szczegółowego rozpatrzenia. Toteż „Przepisy o dostawie i użytkowaniu energii elektrycznej”, część I, § 10, p. 5, określają, że uzgodnienie projektów nowych urządzeń elektrycznych odbiorcy obejmuje „współczynnik mocy, którego wielkość powinna odpowiadać wymaganiom zarządu energetycznego okręgu, wybór mocy i miejsca ustawienia urządzeń kompensacyjnych.”

Aby móc trafnie zaopiniować celowość ustawienia urządzeń kompensacyjnych w danym punkcie sieci, trzeba porównać straty mocy czynnej, które powoduje dostarczenie mocy biernej z sieci dostawcy, ze stratami mocy czynnej w urządzeniach kompensacyjnych odbiorcy, uwzględniając przy tym koszty stałe, które pociągają za sobą nakłady inwestycyjne i koszty utrzymania tych urządzeń. Najłatwiej można przeprowadzić taką ocenę, posługując się stosowanym powszechnie w ZSRR pojęciem „ekonomicznego równoważnika mocy biernej”. Przez ten równoważnik rozumie się dodatkowe straty mocy czynnej (w kW), które powoduje przepływ 1 kVar dodatkowego mocy biernej przez dane ogniwo układu energetycznego. Jasną jest rzeczą, że wartość ekonomicznego równoważnika mocy biernej jest różna dla różnych ogniw danego okręgu energetycznego i wzrasta wraz z odległością od miejsca wytwarzania mocy biernej.

Wartości ekonomicznego równoważnika mocy biernej muszą być obliczone dla każdego okręgu energetycznego oddzielnie na podstawie znajomości rozprawy mocy czynnej i biernej i przy uwzględnieniu całokształtu zadań związanych z opanowaniem mocy biernej. Wychodząc z tych założeń Ministerstwo Elektrowni ZSRR wydało zarządzenie, zobowiązujące okręgi energetyczne do obliczania wartości ekonomicznego równoważnika mocy biernej dla każdego zasadniczego ogniwa sieci. Oczywiście, wartości

te ulegają zmianom zależnie od obciążenia i dlatego oblicza się je dla największego i dla najmniejszego obciążenia. Ponadto obliczenia wymagają uzupełnienia, jeżeli dostawca zmuszony jest z innych względów, aniżeli same tylko względy ekonomiczne, do ustawienia urządzeń kompensacyjnych w węzłowych punktach sieci.

7. Wnioski.

We współczesnych układach energetycznych istnieje konieczność ustawiania urządzeń kompensacyjnych przez dostawcę energii.

Z opanowaniem problemu mocy biernej wiąże się ściśle następujące zadania: 1) kompensacja mocy ładowania linii dalekosiężnych, 2) utrzymanie odpowiedniego poziomu napięcia, 3) stateczność pracy układu przy przesyle na dalekie odległości, 4) zmniejszenie strat mocy biernej, 5) najlepsze wyzyskanie przekroju przewodów.

Najbardziej słuszne rozwiązanie tych zadań możliwe jest tylko w przypadku obciążenia linii dalekosiężnych samą mocą czynną, to jest w przypadku pracy przy $\cos \varphi = 1$. Ażeby to osiągnąć, należy przede wszystkim dążyć do ograniczenia mocy biernej środkami bezpośrednimi w głównych miejscach jej poboru, to jest u odbiorców przemysłowych, oraz do kompensowania mocy biernej możliwie blisko miejsca jej spożycia.

LITERATURA

- Roser H. Das Blindstromproblem im Verbundbetrieb (ETZ, H. 21/22, 4. VI. 1942).
 Rüdtenberg R. Das Verhalten elektrischer Kraftwerke und Netze beim Zusammenschluss (ETZ, H. 27, 4. VII. 1929).
 Kamiński M. D. Elektriceskije sistemy, 1952.
 Fiedorow A. A. i Kniaziewski W. A. Elektrosnabżenie promyslennych prieprijatij, 1951.

DR. INŻ. WŁADYSŁAW LATEK

Metody poprawienia współczynnika mocy i ich krytyczna ocena

621.316.727:621.313.333

Treść. Podano sposoby określania współczynnika mocy silników indukcyjnych bez pomiaru mocy. Omówiono metody poprawienia współczynnika mocy w zakładach już pracujących ze szczególnym uwzględnieniem metody, zaproponowanej przez autora do określenia współczynnika mocy i sprawności silnika indukcyjnego synchronizowanego na podstawie jego danych znamionowych i danych biegu jałowego przy pracy asynchronicznej. Omówiono wytyczne, którymi należy kierować się przy projektowaniu nowych zakładów przemysłowych dla otrzymania współczynnika mocy dostatecznie dużego.

Методы улучшения коэффициента мощности и их критическая оценка. Указаны способы определения коэффициента мощности индукционных двигателей без измерения мощности. Даются методы повышения мощности в существующих предприятиях, в частности предложенный автором метод определения коэффициента мощности и коэффициента полезного действия индукционного двигателя, синхронизированного на основании его номинальных данных и данных для холостого хода при асинхронной работе. Рассмотрены директивы, которыми следует руководствоваться при проектировании новых промышленных предприятий для того, чтобы получить достаточно высокий коэффициент мощности.

Methods of improving the power factor and critical review of such methods. The author describes the means of determining the power factor of motors, without the necessity of measuring the power. He deals with methods for improving the power factor in enterprises already in operation, with particular reference to a method, advanced by him, for determining, on the basis of ratings and data of no load run during asynchronous operation, the power factor and efficiency of a synchronised induction motor. He also reviews the routine to be observed in designing new industrial enterprises with a view to obtaining a sufficiently high power factor.

1. Ocena współczynnika mocy.

Niski współczynnik mocy pociąga za sobą w gospodarce energetycznej trzy ujemne zjawiska: 1) zwiększenie strat przy wytwarzaniu, przesyłaniu i zużywaniu energii elektrycznej; 2) zwiększenie mocy zainstalowanej w urządzeniach przetwórczych, rozdzielczych i przesyłowych; 3) spadek napięcia w sieciach. Wszystkie te czynniki nabierają u nas dużego znaczenia przy szybkim wzroście przemysłowania i elektryfikacji kraju.

Straty p spowodowane zwiększeniem mocy pozornej wskutek przepływu mocy biernej wynoszą:

$$p = 3 (I^2 - I_w^2) R = 3 I_b^2 \cdot R = \frac{Q^2}{U^2} \cdot R \cdot 10^6 = m Q^2 \text{ (w watach),}$$

gdzie I , I_w , I_b — prądy całkowity, czynny i bierny (w amperach),
 R — opór czynny jednej fazy (w omach),
 U — napięcie (w woltach),
 Q — moc bierna (w kilowatach),
 $m = \frac{R}{U^2} \cdot 10^6$.

Straty właściwe mocy biernej czyli straty wywołane przesłaniem 1 kVar mocy biernej wynoszą

$$p_{wt} = \frac{p}{Q} = m Q.$$

Przyrost strat wywołany przyrostem jednostki mocy biernej wynosi

$$\frac{dp}{dQ} = \frac{d(m Q^2)}{dQ} = 2 m Q.$$

Wielkość tę nazywamy gospodarczym równoważnikiem mocy biernej i oznaczamy przez K . Widać stąd, że przyrost strat wywołany przyrostem jednostki mocy biernej nie jest wielkością stałą, lecz jest proporcjonalny do mocy biernej: im moc bierna jest większa, czyli im $\cos \varphi$ jest mniejszy, tym dalszy wzrost mocy biernej, czyli dalsze zmniejszenie $\cos \varphi$ powoduje coraz większe straty.

Im mniejszy jest współczynnik mocy, tym większą należy poświęcić uwagę sprawie jego poprawienia. Należy dążyć do tego, żeby współczynnik mocy w poszczególnych zakładach nie był niższy od 0,8.

We wzorze na gospodarczy równoważnik mocy biernej występuje czynnik

$$m = \frac{R}{U^2} \cdot 10^6 = \frac{\rho l}{s U^2} \cdot 10^6,$$

gdzie l — długość linii zasilającej. Widać stąd, że gospodarczy równoważnik mocy biernej jest tym większy, im większa jest odległość odbiorników energii od zakładu produkującego energię elektryczną. Inaczej mówiąc sprawa niskiego współczynnika mocy występuje tym ostrzej, im dłuższe są linie przesyłające energię elektryczną, a więc nabiera specjalnej ważności przy połączeniu sieci energetycznych w jeden układ państwowy.

Moc zainstalowana w urządzeniach wytwórczych, rozdzielczych i przesyłowych jest odwrotnie proporcjonalna do współczynnika mocy, gdyż 1 kVA = 1 kW/cos φ . Spadek napięcia w sieciach w znacznym stopniu zależy od wielkości współczynnika mocy. Przy małych współczynnikach mocy spadek napięcia

w sieci bywa tak duży, że potrzebne są specjalne urządzenia do jego kompensacji.

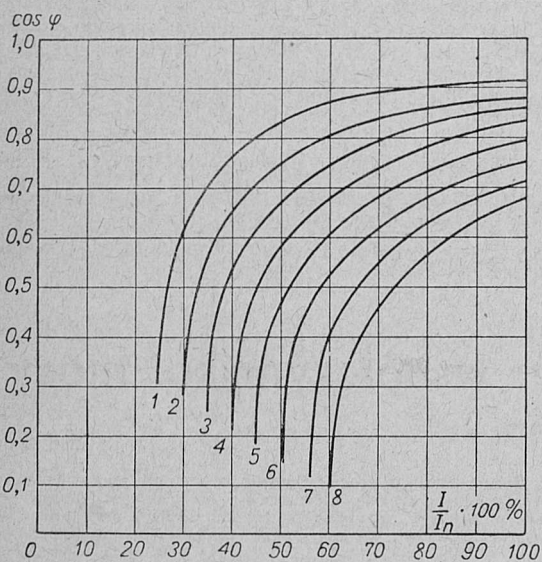
Wymienione na wstępie ujemne strony niskiego współczynnika mocy powodują wzrost ceny energii elektrycznej, co pociąga za sobą konieczność stosowania dopłat za niski współczynnik mocy.

Niezależnie jednak od ceny 1 kWh energii elektrycznej sprawa współczynnika mocy ma w obecnych polskich warunkach jeszcze jedną — niezmiennie ważną — stronę. Ogromny wzrost zakładów przemysłowych powoduje wielki wzrost zapotrzebowania energii elektrycznej. Pociąga to za sobą często niemożliwość pokrycia zapotrzebowania przez elektrownię, gdyż prądnice, transformatory i linie przesyłowe obciążone są na pewien prąd znamionowy, którego nie można przekraczać. Dlatego też pogorszenie współczynnika mocy w jednym zakładzie oznacza ograniczenia w zasilaniu energią elektryczną wszystkich zakładów przemysłowych i odbiorców domowych. Okoliczność ta nakłada na energetyków wszystkich zakładów przemysłowych obowiązek skontrolowania u siebie gospodarki energie-

Stosowanie metody dwóch watomierzy przy pomiarach współczynnika mocy każdego silnika z osobna byłoby zbyt uciążliwe. Ponieważ silnik stanowi dla sieci obciążenie symetryczne, do pomiaru jego współczynnika mocy wystarczy jeden watomierz. Wymaga to jednak zastosowania przynajmniej jednego przekładnika prądowego oraz dostępnego punktu zerowego, a to często pociąga za sobą konieczność instalowania przekładnika prądowego i trzech przekładników napięciowych. Jest to więc metoda nie nadająca się do pomiarów przy licznych silnikach.

Do wykonania pomiaru współczynnika mocy poszczególnych silników nadają się metody pozwalające określić ten współczynnik bez potrzeby wykonywania kłopotliwych pomiarów mocy. W tym celu mierzy się prąd I pobrany przez silnik oraz prąd jego biegu jałowego I_0 , a więc prąd pobrany przez silnik przy rozłączonym sprzęgle pomiędzy silnikiem i maszyną napędzaną. Odczytuje się z tabliczki znamionowej prąd znamionowy silnika I_n , oblicza się stosunki

$$\frac{I_0}{I_n} \cdot 100\% \quad \text{oraz} \quad \frac{I}{I_n} \cdot 100\%$$



Rys. 1. Wykres Schülera

Nr krzywej	1	2	3	4	5	6	7	8
$\frac{I_0}{I_n} \cdot 100\%$	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%

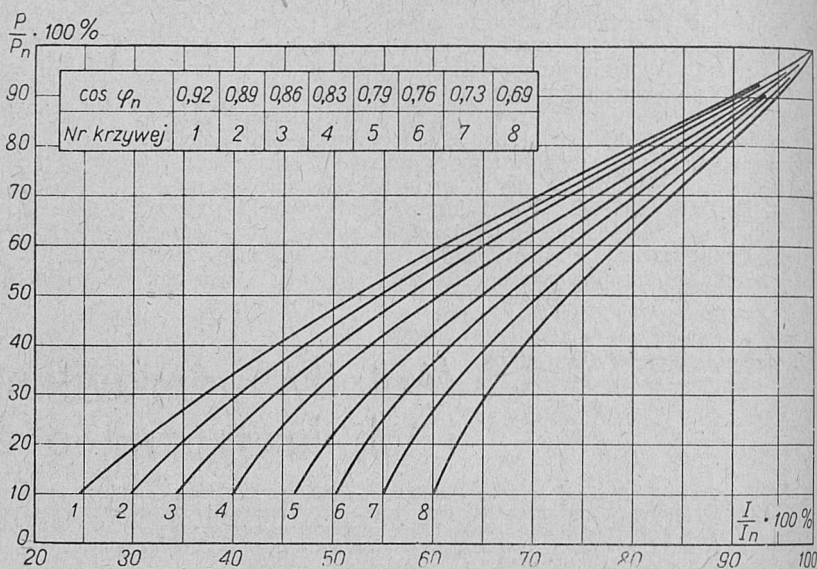
tycznej pod kątem widzenia współczynnika mocy i podjęcia kroków do polepszenia tego współczynnika.

2. Pomiary współczynnika mocy.

W praktyce przemysłowej niezbędna jest znajomość współczynnika mocy zarówno dla całego zakładu, jak i dla poszczególnych odbiorników. Pomiar współczynnika mocy całego zakładu przemysłowego zwykle nie przedstawia specjalnych trudności, albowiem zarówno w przypadku zasilania zakładu z podstacji transformatorowej, jak i z własnej elektrowni, istnieją zainstalowane urządzenia do pomiaru mocy, prądu i napięcia. Jeżeli okaże się, że współczynnik mocy całego zakładu jest niski, na przykład niższy od 0,8, to dla wybrania właściwej metody jego poprawienia konieczną rzeczą jest znajomość $\cos \varphi$ zarówno poszczególnych podstacji fabrycznych, jak również poszczególnych silników.

Obciążenie podstacji może być niesymetryczne, toteż do pomiaru współczynnika mocy należy zastosować metodę dwóch watomierzy (w układzie Arona) z równoczesnym pomiarem wszystkich trzech prądów przewodowych i napięć międzyprzewodowych. Jeżeli we wszystkich trzech fazach dopływu do podstacji są zainstalowane przekładniki prądowe, to pomiar taki jest bardzo łatwy. W przeciwnym przypadku należy zainstalować przekładniki prądowe przynajmniej w dwóch fazach dla przyłączenia cewek prądowych watomierza. W trzeciej fazie prąd można zmierzyć przy pomocy cęgów Dietza.

Przyłączenie przekładników napięciowych do dokonania pomiarów na podstacjach, których w zakładzie jest niewielka liczba, nie przedstawia specjalnych trudności i nie wymaga zbyt dużo pracy nawet w tym przypadku, kiedy te przekładniki nie były włączone na stałe.



Rys. 2. Zależność współczynnika obciążenia od prądu dla różnych znamionowych współczynników mocy silnika indukcyjnego

i określa współczynnik mocy przy pomocy wykresu Schülera

(rys. 1), podającego $\cos \varphi = f\left(\frac{I}{I_n}\right)$ dla różnych wartości $\frac{I_0}{I_n}$.

Jeżeli w czasie wykonywania pomiarów napięcie na zaciskach silnika było odmienne od znamionowego U_n i wynosiło U to znamionowy prąd silnika należy przeliczyć według wzoru

$$I_n \cdot \frac{U_n}{U}$$

W ten sposób współczynnik mocy każdego silnika można dla dowolnego stanu w łatwy sposób określić, jeżeli znany jest jego prąd biegu jałowego lub jeżeli ten prąd biegu jałowego daje się w sposób łatwy zmierzyć, tzn. jeżeli warunki pracy pozwalają na odłączenie silnika od maszyny roboczej i na dokonanie pomiaru prądu biegu jałowego.

Bardzo często jednak wartość prądu biegu jałowego nie jest znana, a warunki technologiczne nie pozwalają na jego pomiar jak to bywa np. w fabrykach chemicznych przy ciągłej produkcji. Wtedy mierzy się prąd I — jak w poprzednim przypadku — oblicza się stosunek

$$\frac{I}{I_n} \cdot 100\%.$$

Z tabliczki znamionowej odczytuje się znamionowy współczynnik mocy $\cos \varphi_n$ danego silnika. Dla tego współczynnika mocy i dla obliczonego stosunku prądu obciążenia silnika do jego prądu znamionowego określa się przy pomocy rys. 2 współczynnik obciążenia

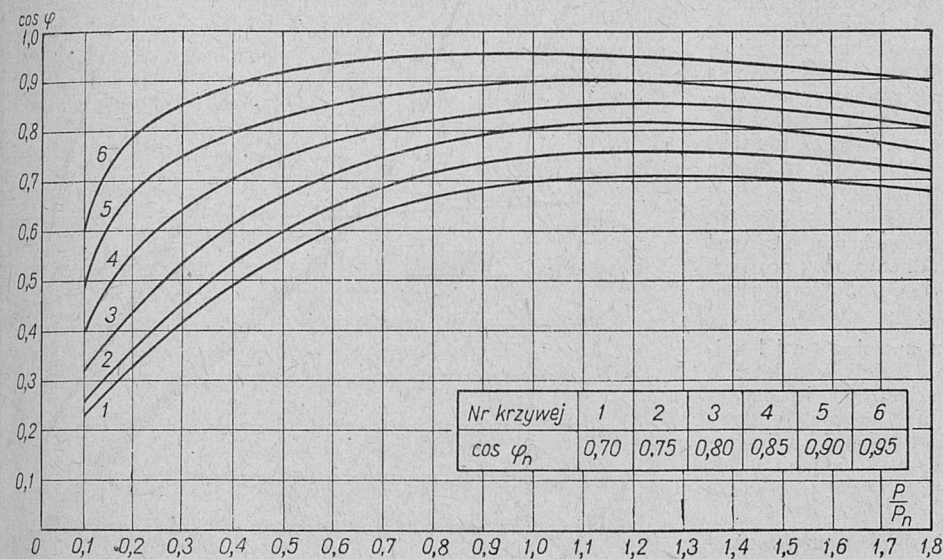
$$p = \frac{P}{P_n} \cdot 100\%.$$

Dla określonego w ten sposób współczynnika obciążenia i dla danego znamionowego współczynnika mocy określa się na podstawie rys. 3 współczynnik mocy danego silnika.

W ten sposób współczynnik mocy dla danego obciążenia silnika został określony. Mając zmierzony prąd silnika dla całego cyklu produkcyjnego, można dla całego cyklu produkcyjnego określić $\cos \varphi$, jak również moc czynną, pozorną i bierną pobieraną przez silnik.

3. Poprawienie współczynnika mocy w zakładach istniejących.

Sprawa poprawienia współczynnika mocy jest bardzo ważna zarówno dla zakładów już pracujących, gdzie pomiary wykaza-



Rys. 3. Zależność współczynnika mocy od współczynnika obciążenia dla silników indukcyjnych o różnych znamionowych współczynnikach mocy

ły zbyt niską wartość, jak również dla zakładów nowoprojektowanych. W zakładach już istniejących zwiększenie współczynnika mocy czyli zmniejszenie zapotrzebowania mocy biernej można osiągnąć różnymi drogami.

a) Naturalne metody poprawiania współczynnika mocy

Usprawnienie procesu technologicznego pod względem energetycznym. Bardzo wiele procesów technologicznych nie ma charakteru ciągłego, lecz ma okresy międzyoperacyjne, w czasie których maszyna robocza nie wykonuje żadnej pracy użytecznej (biegnie jałowo), a silnik napędowy jest obciążony tylko tą jałowo pracującą maszyną. Jego współczynnik mocy w czasie takiej pracy jest, oczywiście, niski, co powoduje obniżenie współczynnika mocy całego zakładu.

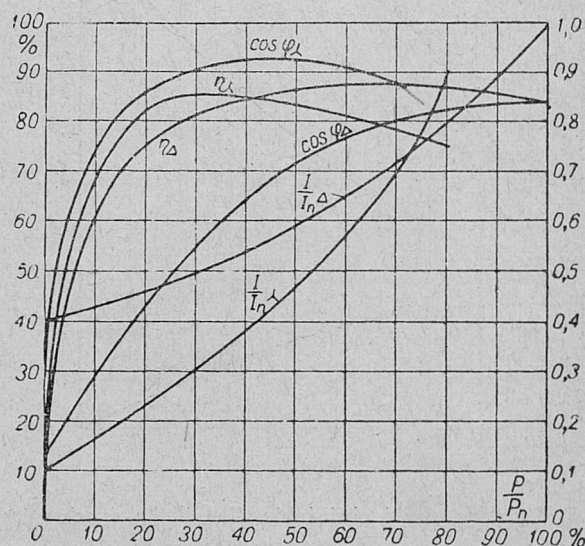
Częste i stosunkowo duże okresy międzyoperacyjne mają np. obrabiarki. Stosowanie w tych przypadkach ograniczników, zatrzymujących silnik na okres międzyoperacyjny, nie daje dobrych rezultatów, gdyż powoduje częste zatrzymywanie i ponowne uruchamianie silników, co jest połączone z dużymi stratami rozruchowymi. W takich przypadkach należy opracować proces technologiczny, pozwalający — o ile możliwości — zmniejszyć liczbę i czas trwania okresów międzyoperacyjnych, a poza tym osiągnąć pełne uzyskanie maszyny roboczej i w ten sposób stwóżyć duże obciążenie dla silnika napędowego. Zarówno skrócenie czasu przerw międzyoperacyjnych, jak i doprowadzenie do pełnego obciążenia maszyn roboczych jest zagadnieniem bardzo trudnym i niejednokrotnie niemożliwym do zrealizowania. Poza tym sprawa nie zależy tylko od elektryków i to stanowi dodatkową trudność w zrealizowaniu wysuniętego tu postulatu.

Jeżeli pomiary wykazują, że znaczna liczba silników jest niedociążona, to należy tak poprzestawiać silniki, aby ich moce jak najbliższej odpowiadały mocom maszyn roboczych, a dla najmniejszych maszyn roboczych zainstalować silniki odpowiednio małej mocy. Zabieg powyższy jest, oczywiście, możliwy tylko tam, gdzie silniki napędowe o danej liczbie obrotów tworzą ciąg mocy bez większych przerw. Przypadek taki spotyka się w praktyce niezbyt często i dlatego nie zawsze można osiągnąć polepszenie współczynnika mocy przez przegrupowanie silników.

Zastosowanie przełącznika gwiazda-trójkąt. Współczynnik mocy niedociążonego silnika można poprawić przez przełączenie go w gwiazdę, jeżeli jego normalna praca odbywała się przy połączeniu w trójkąt.

Na rys. 4 podane są charakterystyki robocze silnika indukcyjnego w funkcji mocy oddanej: $I = f(P)$, $\cos \varphi = f(P)$ i $\eta = f(P)$ dla połączenia w trójkąt i dla połączenia w gwiazdę. Z wykresów widać, że dla obciążeń mniejszych niż 70% mocy znamionowej prąd pobrany przez silnik przy połączeniu w gwiazdę jest mniejszy, niż przy połączeniu w trójkąt. Mniej więcej do tej samej wartości obciążenia współczynnik mocy jest wyższy dla silnika połączonego w gwiazdę niż dla silnika połączonego w trójkąt. Natomiast sprawność silnika połączonego w gwiazdę jest większa od sprawności silnika połączonego w trójkąt tylko przy obciążeniach nie przekraczających 40% mocy znamionowej silnika. Stąd wniosek, że przy obciążeniach mniejszych od 40% korzystniejsza jest praca silnika indukcyjnego w połączeniu gwiazdowym. Natomiast przy obciążeniu powyżej 70% obciążenia znamionowego korzystniejsza będzie praca silnika indukcyjnego przy połączeniu w trójkąt.

Dla zakresów pracy pomiędzy 40% i 70% obciążenia znamionowego należy w każdym przypadku rozważyć, czy korzyści wynikające z polepszenia współczynnika mocy przy przełączeniu silnika na gwiazdę nie będą zniweczone przez pogorszenie sprawności. Takie rozważanie wymaga jednak znajomości przebiegu krzywej sprawności i współczynnika mocy dla konkretnie rozpatrywanych silników, co jest b. często nieosiągalne, gdyż wymagałoby wykonania odpowiednich pomiarów i obliczeń. Można więc w przybliżeniu powiedzieć, że przy napięciu sieci odpowiadającym połączeniu silnika w trójkąt — przy obciążeniach mniejszych od 50% obciążenia znamionowego — silnik powinien być połączony w gwiazdę, a dla obciążeń większych niż 50% silnik powinien być połączony w trójkąt. Należy jednak przy tym pamiętać, że największy moment silnika przy przełą-



Rys. 4. Charakterystyki robocze w funkcji mocy oddanej silnika indukcyjnego dla połączenia w gwiazdę i dla połączenia w trójkąt

czeniu w gwiazdę zmniejszy się trzykrotnie. Jeżeli więc normalny silnik przy pełnym swoim napięciu miał przeciążalność $u = M_{\max}/M_n = 2$, to po przełączeniu w gwiazdę jego największy moment wyniesie $M'_{\max} = uM_n/3 = 0,63M_n$. Jeżeli więc silnik przy połączeniu w gwiazdę będzie obciążony momentem M_1 równym połowie momentu znamionowego, to jego przeciążalność wyniesie $u_1 = M'_{\max}/M_1 = 0,63M_n/0,5M_n = 1,26$. Jest to

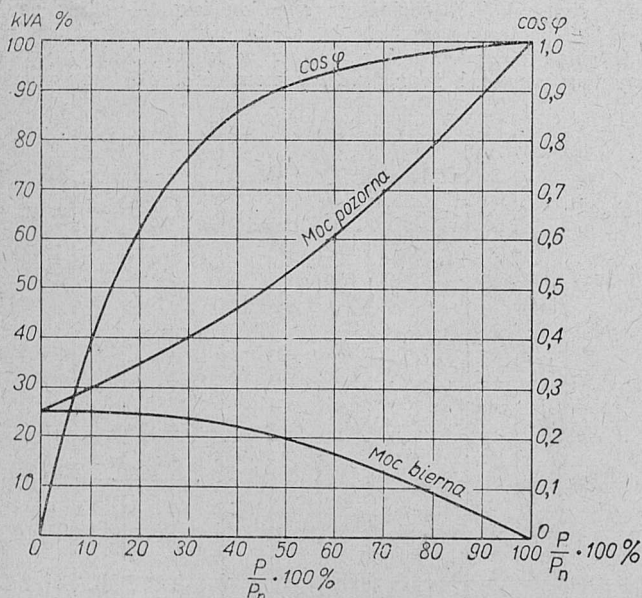
przeciążalność niewielka i silnik przy wzroście obciążenia może ulec zahamowaniu.

Drugą ujemną cechą tej metody poprawiania współczynnika mocy jest konieczność ciągłego przełączania silnika w zależności od wielkości obciążenia. Jeżeli zmiany obciążenia zachodzą często, to nie można, oczywiście, polegać na tym, że obsługa silnika, czy maszyny napędzanej będzie ciągle dokonywać przełączeń. Mogłoby to więc doprowadzić ponownie do pracy silnika połączanego w trójkąt także przy małych obciążeniach, albo — co gorsze — mogłoby spowodować pracę silnika połączanego w gwiazdę także przy dużych obciążeniach, co w konsekwencji doprowadziłoby do spalania uzwojenia silnika wskutek nadmiernego prądu. Biorąc pod uwagę zmniejszenie przeciążalności silnika połączanego w gwiazdę oraz komplikuje związane z jego przełączaniem, można wyciągnąć ogólny wniosek co do możliwości stosowania metody poprawiania współczynnika mocy przez przełączanie uzwojeń w gwiazdę: współczynnik mocy można poprawić przez stosowanie przełączania uzwojeń silnika w gwiazdę w przypadku, kiedy maszyna robocza stanowi dla silnika napędowego obciążenia mniejsze niż 50% momentu znamionowego, kiedy moment maszyny roboczej jest równomierny (np. typu wentylatorowego) i kiedy zmienia się wolno.

Niezależnie od tego należałoby zaproponować, aby przemysł elektrotechniczny rozważył możliwość produkowania prostych samoczynnych przełączników gwiazda-trójkąt, dokonujących przełączenia w zależności od prądu obciążeniowego silnika.

Metoda przewzbudzenia silników synchronicznych. Jeżeli w zakładzie pracują silniki synchroniczne, to należy wzbudzenie ich nastawić na znamionową wartość, chociażby one pracowały przy obciążeniu mniejszym od znamionowego. Ponieważ wzbudzenie silnika jest wtedy większe, niżby to wynikało z jego pracy przy obciążeniu znamionowym i $\cos \varphi = 1$, silnik jest wtedy — jak mówimy — przewzbudzony.

Na rys. 5 podane są charakterystyki silnika synchronicznego w funkcji obciążenia przy znamionowym współczynniku mocy tego silnika $\cos \varphi_n = 1$. Jak widać z rysunku, przy zmniejszaniu obciążenia od 100% mocy znamionowej pojemnościowa moc bierna silnika wzrasta od zera i dochodzi przy $P = 0$ do wartości około 25% mocy znamionowej.



Rys. 5. Charakterystyki obciążenia dla silnika synchronicznego przy $\cos \varphi_n = 1$

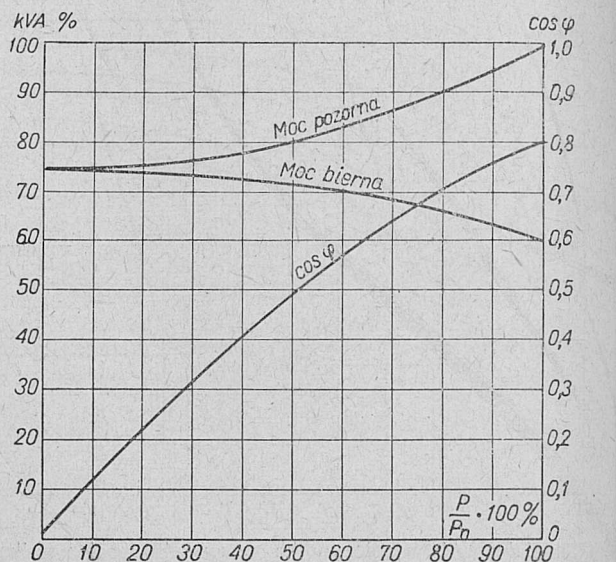
Na rys. 6 podane są takie same charakterystyki, ale dla silnika, którego $\cos \varphi_n = 0,8$. Z porównania rys. 5 i 6 widać, że przy obciążeniu większą moc pojemnościową pobierają z sieci, czyli większą moc indukcyjną oddają do sieci, silniki synchroniczne, których znamionowy współczynnik mocy (pojemnościowy) jest mniejszy.

Wszystkie omówione dotąd metody poprawiania współczynnika mocy polegają na wykorzystaniu już istniejących urządzeń i dlatego nazywają się metodami naturalnymi. Z nich pierwsze trzy, a więc dopasowanie procesu technologicznego, przegrupowanie silników i stosowanie przełączania trójkąt-gwiazda pole-

gają na zmniejszeniu mocy indukcyjnej pobieranej przez silniki indukcyjne, czwarta zaś polega na zwiększeniu mocy indukcyjnej oddawanej przez silniki synchroniczne.

b) Sztuczne metody poprawiania współczynnika mocy. Jeżeli przez zastosowanie wyżej omówionych naturalnych sposobów współczynnika mocy nie osiągnie się pożądanego rezultatu, to należy zastosować metody sztucznego poprawiania współczynnika mocy. Każda z nich wymaga zastosowania pewnych urządzeń, są to więc metody znacznie kosztowniejsze od metod naturalnych.

Synchronizowanie silników indukcyjnych. Indukcyjny silnik pierścieniowy uruchamia się normalnie. Po osiągnięciu przez niego obrotów znamionowych



Rys. 6. Charakterystyki obciążenia dla silnika synchronicznego przy $\cos \varphi_n = 0,8$

zasila się jego wirnik prądem stałym. Po kilku wahaniciach silnik wpada w synchronizm. Ideowy schemat synchronizowania silnika indukcyjnego podany jest na rys. 7. Jak widać z rysunku, przez jedną z faz uzwojenia wirnika płynie wtedy pełny prąd stały $\bar{I}_n$, a przez dwie pozostałe fazy połączone równolegle

płynie prąd $\frac{1}{2} \bar{I}_n$. Jeżeli przez wirnik przed synchronizowaniem płynie prąd $\bar{I}_{2n}$, to odpowiadający mu przepływ wypadkowy wirnika wynosi $\frac{3}{2} \cdot \sqrt{2} \cdot k \cdot \bar{I}_{2n}$.

Na rys. 8 podany jest sposób dodawania przepływów wywołanych przez prąd stały. Przepływ fazy, przez którą płynie prąd $\bar{I}_n$ wynosi $\bar{\Theta} = k \cdot \bar{I}_n$. W każdej z pozostałych dwóch faz powstanie przepływ $\frac{\bar{\Theta}}{2} = k \cdot \frac{\bar{I}_n}{2}$.

We wszystkich trzech ostatnich wzorach współczynnik k jest ten sam. Przepływ wypadkowy prądu stałego na skutek przestrzennego rozłożenia uzwojeń trzech faz otrzymuje się przez dodawanie przepływów fazowych, jak na rys. 8

$$\bar{\Theta} + 2 \cdot \frac{\bar{\Theta}}{2} \cos 60^\circ = \frac{3}{2} \bar{\Theta} = \frac{3}{2} \cdot k \cdot \bar{I}_n.$$

Aby strumień wirnika przy pracy asynchronicznej był równy strumieniowi pracy synchronicznej, musi być spełniony warunek

$$\frac{3}{2} \sqrt{2} \cdot k \cdot \bar{I}_2 = \frac{3}{2} \cdot k \cdot \bar{I}_n,$$

skąd

$$\bar{I}_n = \sqrt{2} \bar{I}_2.$$

Przy tej wartości prądu stałego ilość ciepła wydzielonego w wirniku równa jest ilości ciepła wydzielonego w wirniku przy pracy asynchronicznej i przy obciążeniu znamionowym. Przy tej wartości prądu wirnik silnika nie zagrzeje się do nadmiernej temperatury.

Trudność w stosowaniu synchronizowania silników stanowił brak możliwości określenia z góry wyników, które osiągnie się

przez to synchronizowanie, to znaczy brak możliwości określenia współczynnika mocy i sprawności przy danym prądzie wzbudzenia i przy danym obciążeniu. Dla określenia tych wielkości wykonuje się wykres pracy indukcyjnego silnika synchronicznego, pokazany na rys. 9, zaproponowany przez autora. Wykres ten budujemy w sposób następujący.

Z tabliczki znamionowej silnika odczytujemy: znamionowy prąd fazowy stojana I_n , znamionowe napięcie fazowe stojana U , prąd znamionowy wirnika I_{2n} , fazowe napięcie wirnika U_2 (przy rozwartych pierścieniach i nieruchomym wirniku), znamionowe obroty n_n .

Mierzmy fazowy prąd biegu jałowego I_0 i współczynnik mocy biegu jałowego $\cos \varphi_0$. Jeżeli pomiarów tych nie można wykonać, to wielkości I_0 i $\cos \varphi_0$ przyjmujemy dla danego typu silnika. Poza tym należy zmierzyć opór uzwojenia jednej fazy stojana R_1 i opór uzwojenia jednej fazy wirnika R_2 . Jeżeli tych pomiarów nie można dokonać, to wartość R_1 określamy na podstawie rozdziału strat silnika, a wartość R_2 obliczamy ze strat w miedzi wirnika:

$$\Delta P_{cu2} = s_n \cdot P_{in} = \frac{n_1 - n_n}{n_1} \cdot \frac{P_n}{2 \cdot \eta_n} (1 + \eta_n),$$

gdzie s_n — poślizg znamionowy,

P_{in} — wewnętrzna moc znamionowa,

n_1 — liczba obrotów synchronicznych,

n_n — „ „ „ znamionowych,

P_n — moc znamionowa,

η_n — sprawność znamionowa.

Z drugiej strony

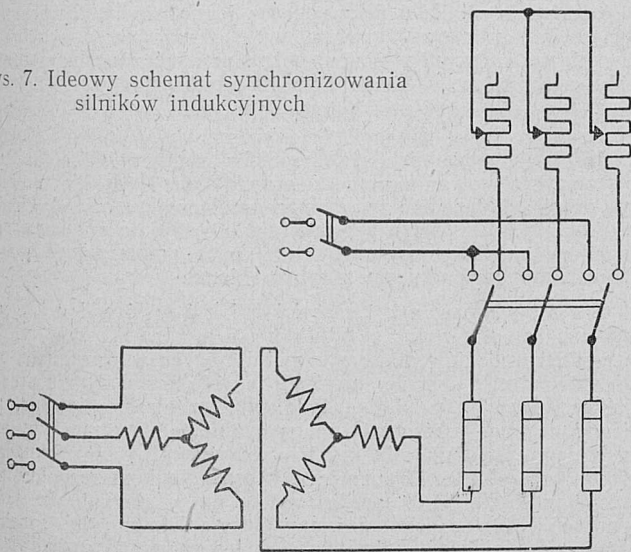
$$\Delta P_{cu2} = 3 \cdot I_{2n}^2 \cdot R_2.$$

Z dwóch ostatnich zależności można określić wartość R_2 .

Dalej obliczamy: opór zastępczy wirnika $R_z = 3/2 R_2$, moc pobraną przez silnik

$P_1 = 3 U I_n \cdot \cos \varphi$, $\sin \varphi_0 = \sqrt{1 - \cos^2 \varphi_0}$, prąd magnesujący $I_\mu = I_0 \cdot \sin \varphi_0$, przekładnię napięciową silnika $u = U/U_2$, znamionowy prąd wirnika przeniesiony do obwodu stojana $I_2 = I_{2n}/u$, znamionowy prąd wzbudzenia $\bar{I}_n = I_{2n} \cdot \sqrt{2}$.

Rys. 7. Ideowy schemat synchronizowania silników indukcyjnych



Dalej wybieramy skalę prądu pierwotnego a_1 (w A/cm); wtedy skala prądu wirnika wynosi $a_2 = a_1 \cdot u$ (w A/cm), skala prądu wzbudzenia $\bar{a} = a_1 \cdot u \sqrt{2}$ (w A/cm), skala mocy $w = 3 \cdot U \cdot a_1$.

Z pomiarów biegu jałowego oblicza się straty jałowe:

$$\Delta P_o = \Delta P_{Fe} + \Delta P_m = P_o - 3 I_0^2 R_1.$$

Jeżeli pomiaru biegu jałowego nie dokonano, to straty jałowe określa się na podstawie przyjętych poprzednio wartości I_0 , $\cos \varphi_0$ i R_1 . W skali prądu I odklada się prąd magnesujący

$$I_\mu \text{ (w cm)} = \frac{I_\mu \text{ (w A)}}{a_1}$$

i otrzymuje się punkt O_1 . Z tego punktu zatacza się koło pracy promieniem równym

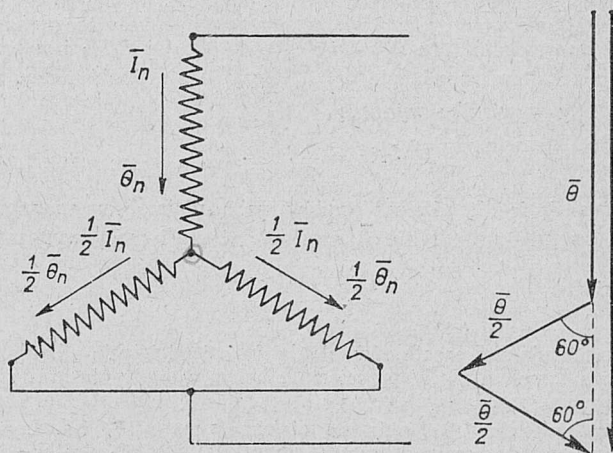
$$\bar{I}_n \text{ (w cm)} = \frac{\bar{I}_n \text{ (w A)}}{\bar{a}}.$$

Przy biegu jałowym silnika synchronicznego wzbudzonego prądem $\bar{I}_n$ prąd w stojanie wynosi w przybliżeniu $O_1 A$ (w cm), co odpowiada $I = O_1 A \cdot a_1$ amperom. Straty w miedzi stojana wynoszą $3 \cdot I^2 R_1$ watów, co odpowiada $\frac{3 I^2 R_1}{w}$ centymetrom.

Na okręgu koła znajdujemy punkt A_1 , którego rzędna odpowiada sumie strat przy biegu jałowym bez strat wzbudzenia, tzn. że rzędna jest równa

$$\frac{\Delta P_o}{w} + \frac{3 I^2 R_1}{w} \text{ (w cm)}.$$

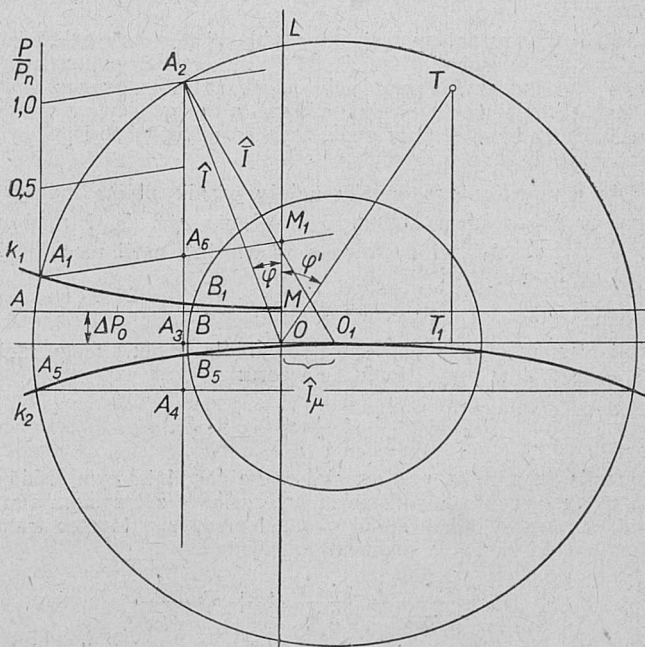
W tym przypadku za prąd I należy przyjąć odcinek $O A_1$.



Rys. 8. Dodawanie przepływów fazowych wirnika w silniku synchronizowanym

Tak znaleziony punkt A_1 jest właściwym punktem biegu jałowego, a odcinek $O A_1$ określa prąd biegu jałowego.

Podobnie można zatoczyć koło promieniem równym $1/2 \bar{I}_n$ (w centymetrach) i otrzymać punkty B i B_1 itd. W ten sposób przez połączenie punktów A_1 , B_1 itd. otrzymuje się krzywą k_1 , nazywaną krzywą strat w miedzi stojana. Następnie określa się



Rys. 9. Wykres pracy indukcyjnego silnika synchronizowanego

prąd pobrany przez silnik przy $\cos \varphi = 1$, równy odcinkowi OL , co odpowiada $I = OL \cdot a_1$ amperom. Określa się straty w miedzi stojana dla tego stanu

$$\frac{3 \cdot I^2 \cdot R_1}{w} \text{ (w cm)}$$

i odkłada się w górę od punktu przecięcia się prostej strat jałowych $\Delta P_0 k_1$ z osią rzędnych. W ten sposób otrzymamy punkt M_1 łączący się z punktem A_1 i otrzymuje się prostą mocy oddanej. Na rzędnej wystawionej z punktu A_1 odkłada się w skali mocy wartości P/P_n . Na prostej P/P_n odkłada się wartość mocy oddanej przez silnik, na przykład $P/P_n = 1$ i z tego punktu prowadzi się prostą równoległą do prostej strat w miedzi A_1M_1 . W przecięciu się z kołem pracy przy $\bar{I}_n$ otrzymuje się punkt A_2 , będący punktem pracy zsynchronizowanego silnika indukcyjnego przy wzbudzeniu znamionowym i obciążeniu znamionowym. Odcinek OA_2 oznacza w odpowiedniej skali prąd stojana. Prąd ten tworzy z kierunkiem napięcia kąt φ . Stąd $\cos \varphi$ jest łatwy do określenia przy pomocy koła $\cos \varphi$ podobnie jak na wykresie kołowym silnika indukcyjnego. Podobnie z punktu B_1 można wystawić prostą, odkładając na niej w tej samej skali mocy wartości P/P_n , z punktu odpowiadającego danej mocy poprowadzić prostą równoległą do prostej A_1M_1 i w przecięciu z kołem wzbudzenia $3/4 \bar{I}_n$ otrzyma się punkt pracy.

Straty w wirniku wynoszą

$$\bar{I}^2 \cdot R_z = \frac{3}{2} \cdot \bar{I}^2 \cdot R_2.$$

Oblicza się je dla różnych prądów wzbudzenia. Przy znamionowym prądzie wzbudzenia $\bar{I}_n$ straty te w skali mocy wynoszą

$$A_3A_4 = \frac{\bar{I}_n^2 \cdot R_2}{w}.$$

Przeprowadzamy prostą równoległą do osi odciętych, odległą od niej o odcinek A_3A_4 . W przecięciu z kołem wzbudzenia przy znamionowym prądzie wzbudzenia otrzyma się punkt A_5 . Podobnie dla wzbudzenia $1/2 \bar{I}_n$ można otrzymać punkt B_5 itd. Łącząc te punkty otrzymamy krzywą strat w miedzi wirnika. Dla punktu pracy A_2 całkowita moc doprowadzona od strony zarówno stojana, jak i wirnika wynosi

$$P_{1c} = A_2A_4 = A_2A_3 + A_3A_4.$$

Sprawność silnika wynosi

$$\eta = \frac{P}{P_{1c}} = \frac{A_2A_6}{A_2A_4}.$$

W ten sposób dla danej mocy oddanej i dla danego prądu wzbudzenia określiliśmy prąd pobrany przez silnik, $\cos \varphi$ i sprawność.

Jeżeli przy rozpatrywanej mocy oddanej przed zsynchronizowaniem silnik pobierał prąd OT przy współczynniku mocy $\cos \varphi_1$, to indukcyjna moc pobrana przez niego wynosi: OT_1 . Po zsynchronizowaniu silnika oddana moc indukcyjna wynosi OA_3 . Różnica biernej mocy przed zsynchronizowaniem i po zsynchronizowaniu wynosi A_3T_1 .

Dla uzyskania tego wyniku należy wirnik silnika indukcyjnego zasilac prądem stałym o natężeniu $\sqrt{2} I_{2n}$ i napięciu $3/2 \cdot R_2 \cdot \sqrt{2} I_{2n}$. Moc stracona w wirniku, czyli moc źródła prądu stałego wynosi

$$P_{st} = 3 R_2 I_{2n}^2.$$

Jeżeli nieznan jest opór R_2 , to moc źródła prądu stałego może być określona w przybliżeniu ze wzoru:

$$P_{st} = s \frac{P_i}{2\eta} (1 + \eta) = s \cdot P_i.$$

Do zasilania wirnika prądem stałym najdogodniejszym źródłem jest trójfazowy prostownik selenowy zasilany z transformatora. Jeżeli sprawność prostownika określić przez η_{pr} , to moc transformatora do zasilania prostownika wyniesie

$$P_t = \frac{s \cdot P_i}{\eta_{pr}} = \frac{s \cdot P_n}{2 \eta} (1 + \eta) \cdot \frac{1}{\eta_{pr}},$$

gdzie P_n — moc znamionowa rozpatrywanego silnika. Jeżeli przyjąć, że

$$\frac{1 + \eta}{2\eta \cdot \eta_{pr}} \cong 1,5,$$

to moc transformatora wyniesie

$$P_t = 1,5 s P_n,$$

co jest bardzo łatwe do określenia przy wstępnych obliczeniach

mających w przybliżeniu wskazać, jakie koszty związane są z synchronizowaniem silnika. Moc prostownika wynosi

$$P_{pr} = \eta_t \cdot 1,5 \cdot s \cdot P_n.$$

Można w przybliżeniu przyjąć, że $s = 0,04$. Wtedy

$$P_t = 0,06 P_n \quad \text{ i } \quad P_{pr} = \eta_t \cdot 0,06 P_n.$$

Zarówno moc transformatora, jak i moc prostownika są bardzo małe i wynoszą w przybliżeniu półtorakrotną wartość mocy poślizgu.

Natomiast $\cos \varphi$ pojemnościowy przy znamionowym prądzie wzbudzenia i przy obciążeniu równym połowie obciążenia znamionowego wynosi około 0,8. Jeżeli przyjąć, że moc pozorna silnika przy jego pracy znamionowej przed zsynchronizowaniem wyniesie

$$\frac{P_n}{0,9 \cdot 0,9},$$

to można założyć dalej, że moc pozorna nie zmieni się, jeżeli silnik będzie zsynchronizowany znamionowym prądem wzbudzenia. Wtedy różnica pobranej mocy biernej wyniesie

$$\frac{P_n}{0,9 \cdot 0,9} (\sqrt{1 - 0,8^2} + \sqrt{1 - 0,9^2}) = 1,27 P_n.$$

Jest to więc bardzo duża różnica mocy biernej osiągnięta przez zainstalowanie transformatora o mocy około $0,06 P_n$ i prostownika o mocy w przybliżeniu także równej $0,06 P_n$. W sumie moc zainstalowana wyniesie około $0,012 P_n$. Stosunek zmniejszenia mocy biernej do mocy zainstalowanej w urządzeniach pomocniczych wynosi

$$\frac{1,27 P_n}{0,012 P_n} \cong 10.$$

Tak więc 1 kW zainstalowany w transformatorze i prostowniku łącznie daje około 10 kVA mocy biernej.

Poprawienie współczynnika mocy przez zsynchronizowanie silników indukcyjnych jest metodą bardzo ekonomiczną. Koszty inwestycyjne mogą się często zamortyzować już po kilku miesiącach. Metoda ta jest specjalnie korzystna, jeżeli zakład ma spośród wielu silników pewną liczbę jednakowych, dużych niedociążonych silników pierścieniowych. Wtedy przez zsynchronizowanie tych dużych silników można uzyskać znaczną poprawę współczynnika mocy całego zakładu produkcyjnego.

Aby jednak zsynchronizowanie silników mogło się rozwinąć na szeroką skalę, przemysł elektrotechniczny musi zapewnić produkcję odpowiednich prostowników selenowych. Poza tym dla zautomatyzowania procesu synchronizacji należy mieć do dyspozycji odpowiednie przełączniki przełączające obwód wirnika na źródło prądu stałego przy dojściu obrotów do wielkości znamionowej w pracy asynchronicznej oraz przełączające go na opornik przy wypadnięciu z synchronizmu.

Zastosowanie silników indukcyjnych z przesuwnikiem fazowym. Ze wszystkich rodzajów maszyn komutatorowych w warunkach polskich może mieć obecnie znaczenie jedynie zastosowanie prostownika fazowego do silnika indukcyjnego pierścieniowego, ponieważ na takie przesuwniki mogą być użyte stare maszyny prądu stałego. Do tego celu maszyny te muszą być w nieznacznym sposób przerobione. Zawsze jednak praca takiego zespołu silnik indukcyjny-przesuwnik fazowy będzie mniej pewna niż praca zsynchronizowanego silnika indukcyjnego. Dlatego też zsynchronizowanie silników indukcyjnych jest lepszą metodą poprawienia współczynnika mocy, niż metoda kompensowania go przy pomocy maszyny komutatorowej.

Zastosowanie kondensatorów statycznych. Jeżeli zsynchronizowanie silników indukcyjnych nie daje pożądanego rezultatu, to można osiągnąć poprawę współczynnika mocy przez zastosowanie kondensatorów. Jest to sposób poprawienia współczynnika mocy pewny, niezawodny w działaniu, a przy niskiej cenie kondensatorów także i tani. Amortyzacja inwestycji może nastąpić w ciągu 1 — 2 lat.

Polski przemysł elektrotechniczny powinien jak najprędzej uruchomić produkcję kondensatorów statycznych. Należy jednak temu przemysłowi podać wymagania stawiane kondensatorom statycznym. Przede wszystkim należy przeanalizować napięcie, na które kondensatory mają być budowane.

Cena kondensatorów na 1 kVA bardzo szybko podnosi się ze wzrostem napięcia. Dlatego należy dokładnie przeanalizować

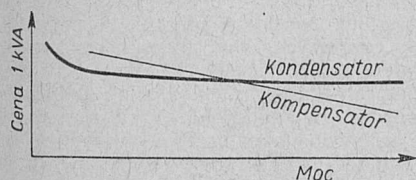
możliwość ustawienia kondensatorów na niskim napięciu. Przy wyborze napięcia trzeba rozważyć możliwość kompensacji indywidualnej, grupowej i centralnej. Dla różnych napięć stosowanych przy tych rodzajach kompensacji i dla różnych mocy należy przeanalizować każdorazowo koszty. Ustalenie napięcia znamionowego kondensatorów jest podstawowym zagadnieniem, które trzeba rozstrzygnąć, aby przemysł mógł przystąpić do budowy kondensatorów.

Przemysł powinien rozważyć możliwość stosowania syntetycznych taśm zamiast papieru i syntetycznego materiału izolacyjnego zamiast oleju, co daje kilkakrotne zmniejszenie wymiarów kondensatora. Przy budowie i eksploatacji kondensatorów należy specjalną uwagę zwrócić na sprawę wytrzymałości kondensatorów na przebiecie. Normalnie kondensatory wytrzymują zwykłe napięcia zaledwie o 5% powyżej znamionowego, co jest dla eksploatacji warunkiem bardzo ostrym i nieprzyjemnym.

Baterie kondensatorów kompletuje się z małych stosunkowo elementów. Dlatego koszt baterii na 1 kVA mocy kondensatorów jest stały i niezależny od wielkości baterii. Pewne zmniejszenie kosztów przy dużych bateriach następuje na skutek zmniejszenia jednostkowych kosztów aparatury łączeniowej i zabezpieczającej. Podobnie straty w kondensatorach statycznych są wielkością stałą i nie przekraczają 0,5% mocy znamionowej.

Zastosowanie kompensatorów synchronicznych. Cena 1 kVA kompensatora synchronicznego maleje ze wzrostem jego mocy. Na przykład przy mocy paruset kilowoltamperów cena 1 kVA jest około 10 razy wyższa, niż cena 1 kVA przy mocy kilkudziesięciu tysięcy kilowoltamperów.

Na rys. 10 podane są krzywe ceny na 1 kVA mocy kondensatorów i kompensatorów synchronicznych w zależności od mocy. Straty w kondensatorach na 1 kVA mocy zainstalowanej są wielkością stałą, natomiast w kompensatorze maleją ze wzrostem mocy. Krzywe tych strat są podobne do krzywych z rys. 10. Stąd



Rys. 10. Cena kondensatora i kompensatora (na 1 kVA) w zależności od ich mocy

wniosek, że powyżej pewnej mocy bardziej ekonomiczny jest kompensator synchroniczny, choć dla niego trzeba budować mocne fundamenty. Można w przybliżeniu przyjąć, że ta graniczna moc wynosi 2500 kVA.

Kompensatory synchroniczne mogą mieć zastosowanie tylko w bardzo dużych zakładach przemysłowych. Jednak stosowane są one raczej nie w zakładach przemysłowych, lecz w układach sieciowych. Kompensator synchroniczny ma jedną ważną przewagę nad kondensatorami statycznymi: przy spadku napięcia w sieci prąd pojemnościowy oddawany przez kompensator wzrasta, natomiast prąd pojemnościowy kondensatorów maleje. Dlatego kompensator stara się utrzymać stałe napięcie w sieci.

4. Poprawianie współczynnika mocy w zakładach nowoprojektowanych.

Przy projektowaniu nowych zakładów przemysłowych stanowczo za mało uwagi poświęca się sprawie współczynnika mocy. Zagadnienie to powinno być bardzo ostrze postawione, aby nowe zakłady powstawały z dobrym współczynnikiem mocy.

Określenie procesu technologicznego. Przy opracowaniu projektu nowego zakładu technolog powinien opracować wykres mocy pobieranej przez maszynę roboczą w funkcji czasu dla całego procesu technologicznego. Na tej podstawie elektryk-napędowiec musi dobrać silnik, dopasowując jego moc według jednej z metod stosowanych w napędach. Musi to wykonać koniecznie napędowiec, nie zaś instalator. Projekt nowego zakładu produkcyjnego musi być więc wykonany przy udziale napędowca, odpowiedzialnego za współczynnik mocy zakładu projektowanego, a więc dobierającego silniki ściśle do potrzeb, a nie na zapas.

Ustalenie procesu technologicznego. Proces technologiczny powinien być ściśle ustalony bez dopuszczenia dowolnych zmian, które z reguły odbijają się ujemnie na współczynniku mocy zakładu. Jeżeli zmiany procesu technologicznego są konieczne, to należy z góry prze-

widzieć wymiennność silników, aby one zawsze pracowały przy możliwie dużym obciążeniu.

Wybór silników. Technolog powinien rozważyć możliwość stosowania silników szybkobieżnych, jako pracujących przy lepszym współczynniku mocy. W razie wyboru silnika wolnobieżnego należy to uzasadnić specjalną koniecznością procesu technologicznego. Elektryk napędowiec powinien dobierać silniki pracujące przy dobrym współczynniku mocy. Dlatego powyżej pewnej mocy, np. powyżej 50 kW, powinien mieć obowiązek stosowania silników synchronicznych. Jeżeli ze względów na charakter pracy, na przykład ze względu na ciężki rozruch, silnik synchroniczny nie nadaje się, to napędowiec powinien to w projekcie specjalnie uzasadnić. Wtedy z kolei należy rozważyć możliwość stosowania silnika synchronizowanego, łączącego w sobie zalety silnika indukcyjnego (nadaje się przy ciężkich warunkach rozruchu) i silnika synchronicznego (dobry $\cos \varphi$). Niemożliwość zastosowania silnika synchronizowanego powinna być również uzasadniona w projekcie.

Dopiero po uzasadnieniu niemożliwości zastosowania silnika synchronicznego i silnika synchronizowanego wolno projektantowi przewidzieć silnik indukcyjny, lecz wtedy powinien on rozważyć najpierw możliwość zastosowania silnika zwartego, mającego lepszy $\cos \varphi$, a potem dopiero — w razie konieczności — zastawiać silnik pierścieniowy.

W przypadku małych silników projektant-napędowiec powinien z zasady stosować jednofazowe silniki kondensatorowe. Silniki te w odpowiednim wykonaniu (np. uzwojenie trójfazowe, a zasilane z sieci jednofazowej i dzięki kondensatorom pracujące jako dwufazowe) mogą być niewiele droższe od silników trójfazowych, a mogą pracować z $\cos \varphi = 1$. Silniki te powinny znaleźć szerokie zastosowanie zwłaszcza przy elektryfikacji wsi, gdyż pozwalają na stosowanie jedнопроводовых linii przesyłowych. Przemysł elektrotechniczny powinien więc jak najszybciej przystąpić do produkcji tych silników.

Większość silników, zwłaszcza małych, nawet przy zastosowaniu właściwego doboru pracuje w ciągu przeważającej części czasu przy mocy znacznie mniejszej od mocy znamionowej, np. bardzo często przy mocy równej około $0.5 P_n$. Dlatego bardzo ważną sprawą jest wybór silnika o płaskich krzywych $\cos \varphi$ i η w funkcji mocy osiągniętej, nawet kosztem zmniejszenia $\cos \varphi$ i η przy mocy znamionowej.

Jest bardzo ważne, żeby przemysł maszyn elektrycznych projektował nowe serie silników indukcyjnych już pod kątem widzenia otrzymania płaskich krzywych $\cos \varphi$ i η oraz żeby wielkości te były podawane na tabliczce znamionowej silnika przy połowie mocy znamionowej. Projekt nowego zakładu produkcyjnego, nie uwzględniający wyżej wymienionych zagadnień przy wyborze silników, nie powinien być zatwierdzony.

5. Zwiększenie mocy biernej zakładów energetycznych.

Wyżej omówiono metody poprawy współczynnika mocy w zakładach przemysłowych czyli metody zmniejszenia poboru mocy biernej. Przez takie zmniejszenie zwalnia się na korzyść mocy czynnej pewną moc zainstalowaną nie tylko w elektrowniach, ale także w urządzeniach rozdzielczych i przesyłowych. Jest to więc najwłaściwszy sposób rozwiązania sprawy współczynnika mocy. Jeżeli jednak z jakiegoś powodu nie można zmniejszyć poboru mocy biernej w zakładzie przemysłowym, to zakłady energetyczne muszą dostarczyć tę moc bierną do zakładów przemysłowych.

Dla rozwiązania zagadnienia istnieją dwie metody: metoda kompensatorów synchronicznych i metoda kondensatorów statycznych. Przy pierwszej metodzie należy specjalną uwagę zwrócić na możliwość wyzyskania starych turbogeneratorów, w których moc turbiny została znacznie zmniejszona, a generator nadaje się jeszcze do pracy. Sprawa zastosowania kondensatorów statycznych lub kompensatorów synchronicznych w układzie energetycznym łączy się z szeregiem innych zagadnień, jak np. ze sprawą regulacji spadku napięcia w sieci.

LITERATURA

- Tajc A. A. Ułuczenie koeficienta moszcznosti promyslennyh priepriatij (Materiały Wsiesojuznoj nauczno-techniczeskoj sesij po elektrosnabżeniju promyslennyh priepriatij, Strojdat, 1950).
- Orzechowski A. M., Emma S. G., Rabinowicz I. M. Powyszenie koeficienta moszcznosti na priepriatach mukomolnoj promyslennosti. Elektricestwo, 1952, nr 5, str. 57.
- Skorkin K. I. Synchronizacija asynchronnych elektrowigatiel na szachtach kombinata „Stalinugol“. Elektricestwo, 1952, nr 5, str. 51.
- Szyszkina O. P. Itogi wnedrenija synchronizacji na neftianych promyslach Gornowo. Elektricestwo, 1952, nr 5, str. 55.

MGR. INŻ. JAN NAPIÓRKOWSKI

Przystosowanie turboprządnic do pracy w roli kompensatorów

621.313.322.1:621.51

Treść. Przystosowanie turbozespołu do pracy w roli kompensatora przez ograniczenie ruchów poosiowych na okres wybiegu oraz zapewnienie stałego dopływu oleju do smarowania łożysk. Rozruch przy pomocy drugiego turbozespołu i rozruch bezpośrednio sprzęgniętym silnikiem. Włączanie do pracy kompensatora po rozruchu silnikiem asynchronicznym. Niepraktyczność synchronizowania wirnika silnika asynchronicznego.

Приспособление турбогенераторов к работе в качестве компенсаторов. Приспособление турбогенератора к работе в качестве компенсатора путем ограничения его передвижения вдоль оси в период выбега и обеспечения непрерывного притока масла к подшипникам. Пуск в ход при помощи иного турбогенератора либо непосредственно соединенного двигателя. Включение компенсатора, запущенного асинхронным двигателем. Непрактичность синхронизирования ротора асинхронного двигателя.

Adaptation of turbo-generators to work as compensators. Adaptation of the turbo-generator to work as a compensator, by restricting axial movement during the period of coming to rest and by ensuring a steady supply of lubricant to the bearings. Starting with the aid of a second turbo-set and starting by means of a direct-coupled motor. Connecting the compensator with the working system after having put it into operation by means of an asynchronous motor. Impracticability of synchronising the rotor of asynchronous motors.

1. Wstęp.

Dla poprawy warunków pracy sieci i utrzymania stałego napięcia energetyka zawodowa projektuje i uruchamia w wielu miejscach kompensatory wirujące, przystosowane specjalnie do tej pracy. Niezależnie od nowych maszyn uruchamia się również dla produkcji mocy biernej prądnice nie mające czynnych turbin napędowych. Tego rodzaju praca prądnic przewidziana jest w instrukcji eksploatacji turbogeneratorów, wydanej w 1952 r. przez Ministerstwo Energetyki (str. 94 do 98).

Praca niniejsza ma przedstawić na podstawie praktyki autora te zagadnienia, na które należy zwrócić uwagę przy uruchamianiu w roli kompensatora maszyny nie przystosowanej przez wytwórcę do takiej pracy.

2. Ograniczenie ruchów poosiowych.

W czasie normalnej pracy prądnicy napędzanej przez sprzęgło jej ruchy poosiowe w okresie rozruchu i wybiegu są ograni-

czane przez łożyska oporowe turbiny. Prądnica w roli kompensatora pracuje jako silnik synchroniczny przewzbudzony bez obciążenia mechanicznego. W czasie pracy wirnik jest utrzymywany w kierunku poosiowym przez strumień magnetyczny, który dla wirnika gra rolę „łożyska oporowego”. Przy wyłączeniu dopływu z sieci, co połączone jest z odwzbudzeniem maszyny, ustaje działanie siły utrzymującej wirnik. Przy niedokładności ustawienia wirnika w poziomie lub z innych przyczyn wirnik, nie mający żadnych ograniczeń, może w czasie wirowania w łożyskach poruszyć się w kierunku poosiowym. Brak ograniczeń może spowodować uszkodzenia, konieczne więc jest sprawdzenie, czy na wale istnieją zatoczenia lub pierścienie oporowe, które mogłyby przy współpracy z łożyskami ograniczyć ruch poosiowy do granic zezwalających na swobodne obracanie się wirnika.

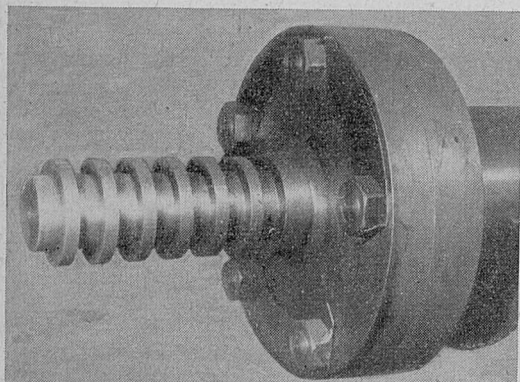
Luz poosiowy powinien być mniejszy od najmniejszej odległości różnych części wirujących od części stojana, np. od luzu między wentylatorem i zakrywą, oraz od luzu dozwolonego przez osadzoną na wspólnym wale wzbudnicę itd. Zgodnie z podaną wyżej instrukcją luz ten nie powinien jednak być większy niż 6 mm (dla ograniczenia siły przy uderzeniu o opór).

Poosiowe ograniczenie potrzebne jest tylko przy rozruchu względnie przy zatrzymywaniu maszyn, dlatego też wykonane ograniczenie powinno mieć luz poosiowy znacznie większy niż w normalnych łożyskach oporowych, aby przez niedokładność ustawienia nie powodować grzania łożyska w pracy przy normalnym ruchu kompensatora. Przy projektowaniu ograniczeń trzeba uwzględnić również to, że siły poosiowe są stosunkowo nieduże, gdyż wywołane są swobodnym przesuwaniem się wirnika przy toceniu w łożyskach bez działania dodatkowych sił zewnętrznych.

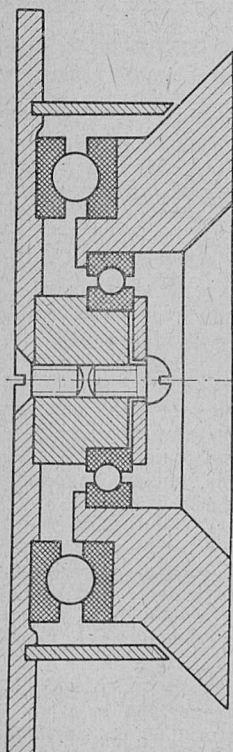
Elektrownia Łódzka uruchomiła 3 prądnice jako kompensatory, stosując następujące rozwiązania.

Dla dwóch maszyn — o mocy 27 500 kVA i 8000 kVA — wykonano łożyska oporowe grzebieniaste, mocując za pośrednictwem sprzęgła wałek z wytoczonymi grzebieniami (rys. 1). Panewkę zamocowano w koźle łożyskowym.

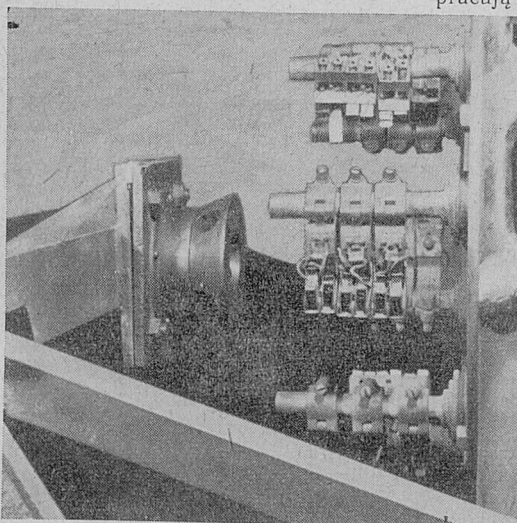
Pierwotnie pozostawiono luzy poosiowe ok. 0,5 mm na stronę oraz promieniowe o 50 % większe niż stosowane dla łożysk turbinowych. Luzy te okazały się niewystarczające: po krótkim okresie pracy łożysko grzewało się. Po powiększeniu luzu promieniowego o 50%, a poosiowego do 1 mm na stronę łożyska pracują bez zarzutu.



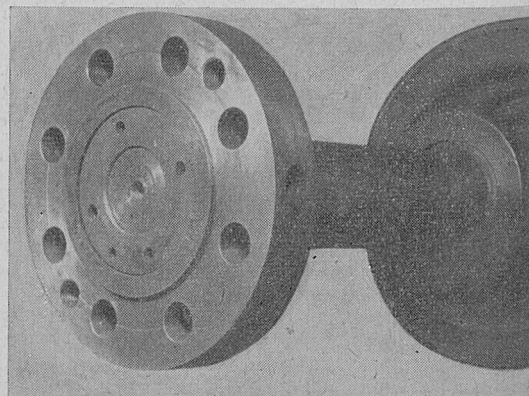
Rys. 1. Wałek z wytoczonymi pierścieniami oporowymi



Rys. 2. Ograniczenie poosiowe wirnika od strony wzbudnicy (przekrój schematyczny)



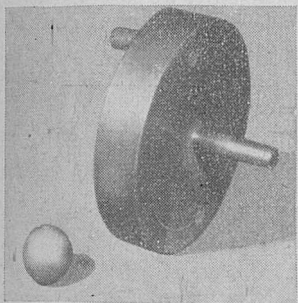
Rys. 3. Ograniczenie poosiowe wirnika od strony wzbudnicy (widok)



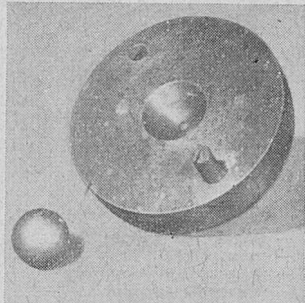
Rys. 4. Sprzęgło wirnika prądnicy, na którym zamocowano łożysko dla kulki stalowej (rys. 5 i 6), wykorzystując otwór w wałku do centrowania i dwa otwory w nakrętce do zamocowania części pokazanej na rys. 5

Sposób powyższy wymaga dokładnego wykonania łożyska i panewki, dotuszowania powierzchni w celu zapewnienia jednocześnie pracy grzebieni przy przesunięciach poosiowych oraz dokładnego sprzęgnięcia zapewniającego ustawienie wałka grzebieniastego współosiowo z wirnikiem. Niedokładności montażu nie mogą być pokrywane przez nadmierne luzy z uwagi na większe zapotrzebowanie oleju do smarowania łożysk.

Prądnicą na 8000 kVA, uruchamiana jako pierwsza jednostka, dla której z braku czasu i odpowiedniego materiału nie wykonano łożyska oporowego grzebieniastego, została oddana do ruchu przy zastosowaniu dwu niezależnych ograniczeń od strony wzbudnicy i od strony sprzęgła. W maszynie tej wirnik wzbudnicy osadzony jest na wale wirnika prądnicy. Ograniczenie ruchu w kierunku wzbudnicy osiągnięto zamocowując na powierzchni czołowej kolektora wzbudnicy pierścień, który obtoczono po zamocowaniu na maszynie. W odległości ok. 2 mm od normalnego położenia tego pierścienia zamocowano na wsporniku przykręconym do śrub fundamentowych wzbudnicy łożysko oporowe zestawione z łożysk tocznych i obudowy (rys. 2 i 3). Zaletą tego łożyska jest to, że przy normalnej pracy kompensatora jest nieczynne i nie potrzebuje doprowadzenia oleju do smarowania, wadą — kłopotliwe ustawienie współosiowo z wirnikiem. Ograniczenie ruchu w kierunku sprzęgła wykonano w koźle łożyskowym, składając w stożkowe wytoczenie przy sprzęgle kulkę stalową średnicy 70 mm i oparcie jej w podobnym wytoczeniu

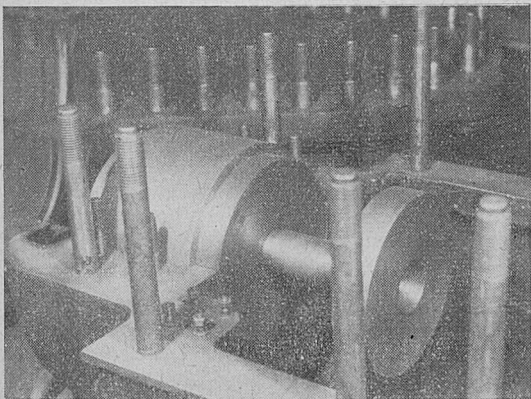


Rys. 5. Łożysko dla kulki stalowej — widok od strony zamocowania w sprzęgle



Rys. 6. Łożysko dla kulki stalowej — widok od strony wytoczenia dla kulki

w śrubie, którą po ustawieniu w kierunku poosiowym przy wolnym ruchu kompensatora unieruchomiono przeciwnakrętką. Na kulkę skierowany strumień oleju. Po trzyletniej pracy kulka straciła połysk, a powierzchnie stożkowe mają ślady wygniecia-



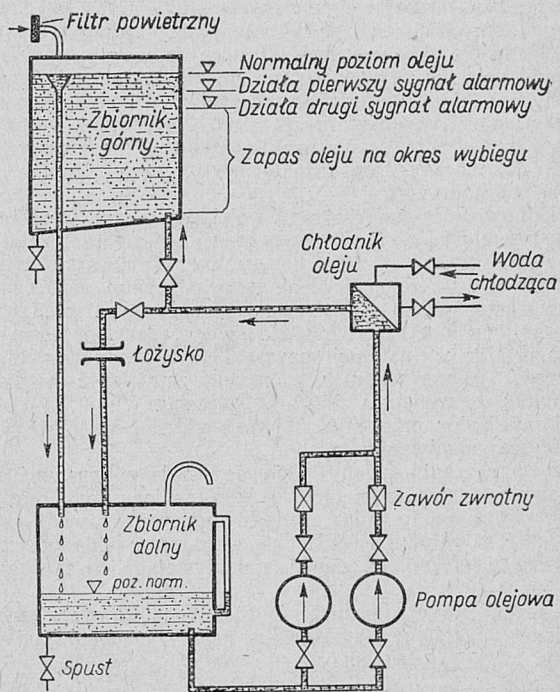
Rys. 7. Łożysko dla kulki stalowej — części zamocowane w kadłubie maszyny; tarcza z wytoczeniem na kulkę zamocowana na śrubie; zabezpieczenie przeciwnakrętką niewidoczne

nia. Poza tym opisany układ — przy wielokrotnym w tym czasie wyłączeniu kompensatora z ruchu — nie budził zastrzeżeń (rys. 4, 5, 6 i 7).

3. Obieg oleju.

Drugim ważnym zagadnieniem jest zapewnienie dostatecznego smarowania łożysk w sposób ciągły. Olej krąży w obiegu zamkniętym — z łożysk do zbiornika — przez pompę, chłodnicę oleju do łożysk. Aby zapewnić ciągłość dopływu oleju na drodze między pompą olejową a łożyskiem należy umieścić zbiornik, zabezpieczający przed chwilową przerwą pracy pompy oraz zapewniający smarowanie łożysk w czasie wybiegu. Wysokość ustawienia zbiornika nad łożyskami musi zapewnić dostateczne

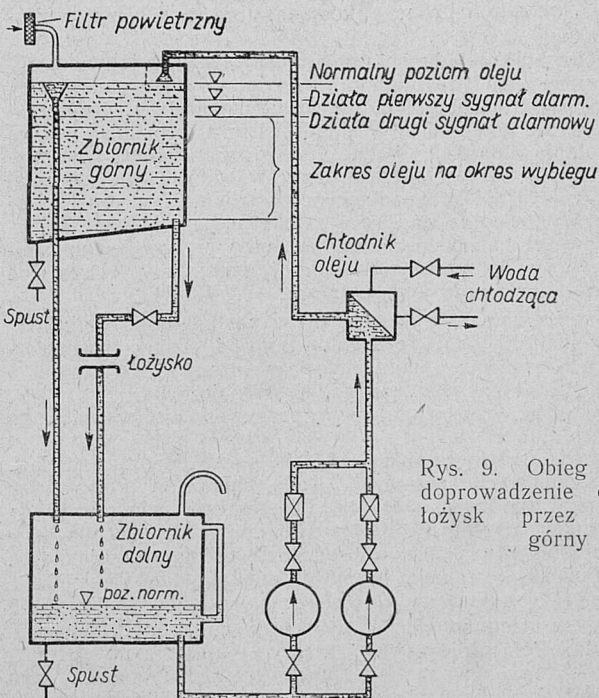
ciśnienie statyczne w łożyskach, jak przepisane przez wytwórcę maszyny. W braku danych należy zapewnić ciśnienie do 0,5 atm z możliwością regulacji zaworem dławiącym. Włączenie zbiornika do obiegu można wykonać dwojako.



Rys. 8. Obieg oleju — doprowadzenie oleju bezpośrednio do łożysk

a) Pompa podaje olej bezpośrednio do łożysk; odgałęzienie rurociągu między pompą i łożyskami połączone jest ze zbiornikiem (górnym), który pracuje jako wyrównawczy i zapewnia poza zapasem stałość ciśnienia. Zbiornik musi poza tym posiadać odpływ z przelewu do zbiornika dolnego (rys. 8).

b) Pompa podaje olej do zbiornika górnego, z którego olej spływa pod ciśnieniem statycznym do łożysk. Nadmiar oleju spływa przez przelew do zbiornika dolnego (rys. 9).



Rys. 9. Obieg oleju — doprowadzenie oleju do łożysk przez zbiornik górny

Rozwiązanie a) wymaga nieco mniejszej mocy silnika napędzającego pompę olejową niż rozwiązanie b), przy którym jednak przed wejściem do łożyska olej przechodzi przez sito wlewające się do zbiornika; ponadto przez umieszczenie rury prowadzącej do łożyska ponad dnem — zapewnia się czystość oleju kierowanego do łożysk.

Zbiornik górny powinien mieć sygnalizację dwustopniową, alarmującą obsługę o obniżeniu się poziomu. Sygnał pierwszy powinien wskazywać obniżenie się poziomu oleju określonego przelewem, sygnał drugi — dalsze obniżenie się do pojemności użytkowej, wystarczającej na czas wybiegu. Czas między dwoma sygnałami powinien być taki, żeby przy zatrzymaniu pompy z jakiegokolwiek przyczyn dać obsłudze czas na ponowne uruchomienie zatrzymanej pompy lub pompy zapasowej (minimum 5 min.). Sygnał drugi jest już poleceniem dla obsługi nastawni na odłączenie kompensatora od sieci. Najpewniej sygnalizację można wykonać przez zastosowanie przekaźników gazowych, używanych do ochrony transformatorów, przy wyszukiwaniu styków pływaka sygnałowego.

Najodpowiedniejsza jest pompa olejowa zębata, gdyż ta gwarantuje jednakową objętość podawanego oleju niezależnie od jego gęstości lub od oporów obiegu. Najwłaściwszym napędem jest silnik zwarty, zabezpieczony tylko od zwarć. Jeżeli są trudności w zastosowaniu (jako rezerwy) rozruchowej pompy olejowej turbiny, pompę rezerwową należy napędzać silnikiem prądu stałego. Mając w instalacji pewną i szybko uruchamianą (samoczynnie) pompę rezerwową, można zmniejszyć wymagania w stosunku do wielkości zbiornika górnego.

Zbiornik dolny musi mieć objętość większą od górnego o pojemność rurociągów układu.

Przy urządzaniu obiegu olejowego należy zapewnić możliwość pomiaru temperatur oleju przed i za łożyskami oraz przed i za chłodnicą, jak również pomiaru temperatury wody chłodzącej przed i za chłodnicą. Ciśnienie oleju przed chłodnicą powinno być nieco większe od ciśnienia dopływającej wody chłodniczej.

Omówione wyżej ograniczenie ruchu poosiowego i smarowania stanowią główne zagadnienia natury mechanicznej niezależne od metody rozruchu.

4. Rozruch częstotliwościowy.

Najczęściej do rozruchu prądnicy przeznaczanej do pracy jako kompensator stosuje się metodę rozruchu częstotliwościowego przy pomocy drugiej prądnicy (rozruchowej), napędzanej silnikiem lub turbiną. Stojący obu maszyn — uruchamianej i rozruchowej — łączy się elektrycznie ze sobą (przy różnych napięciach za pośrednictwem transformatora), a wirniki ich wzbudza się z obcego źródła. Z chwilą uruchomienia maszyny rozruchowej wytwarzanej przez nią w stanie maszyny uruchamianej wirujące pole magnetyczne pociąga za sobą wzbudzony wirnik powodując następnie synchroniczny jego bieg w dalszej fazie rozruchu. Po osiągnięciu znamionowej liczby obrotów należy przełączyć wzbudnicę własną kompensatora i odłączyć wzbudzenie obce.

Przygotowanie układu połączeń musi zapewnić łatwą możliwość równoległego przyłączenia wzbudnicy własnej do obcej, łatwe przerzucenie obciążenia na wzbudnicę własną, a tym samym możliwość przejścia na zasilanie wirnika wzbudnicą własną bez wywołania zaburzeń. Ważne jest również bardzo, aby wyłącznik nożowy, włączający do pracy wzbudnicę własną, miał zabezpieczenie przed przypadkowym wyłączeniem w czasie normalnej pracy zespołu, np. przez zamknięcie na kłódkę. Zabezpieczyć również należy mechanicznie przed przypadkowym włączeniem wyłącznik nożowy wzbudnicy obcej, aby ustrzec od uszkodzenia urządzenie kompensatora.

Samo uruchomienie wykonuje się w następującej kolejności:

1) Po skontrolowaniu przygotowania od strony mechanicznej i po uruchomieniu układu olejowego należy:

- sprawdzić, czy olej przepływa przez przelew,
- sprawdzić, czy sygnalizacja poziomu oleju w zbiorniku działa prawidłowo,
- sprawdzić, czy normalna ilość oleju przechodzi przez przelew,
- po zamknięciu przepływu wody chłodzącej utrzymywać olej w biegu do czasu, gdy jego temperatura osiągnie 35 do 40°C (w pomieszczeniu nieogrzewanym trzeba niekiedy dla osiągnięcia tej temperatury przewidywać możliwość ogrzewania oleju).
- sprawdzić instalację łączności między stanowiskami.

2) Kontrola wszystkich urządzeń elektrycznych, biorących udział w rozruchu, poprzedza wykonanie potrzebnych połączeń w rozdzielni. Połączenie uzwojeń maszyn — uruchamianej i rozruchowej — wykonywane jest przez wydzielony układ szyn w rozdzielni. Przygotowanie układu połączeń powinno być całkowite, z wyjątkiem włączenia wyłączników.

3) Przygotowanie turbiny zespołu rozruchowego do uruchomienia; uruchomienie turbiny przy prędkości równej 10 % znamionowej liczby obrotów w celu równomiernego nagrzania.

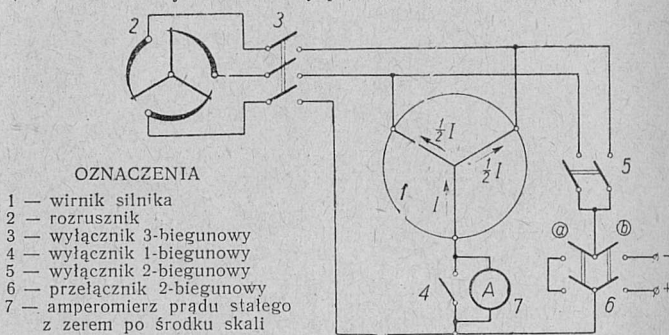
4) Uruchomienie wzbudnicy pomocniczej kompensatora i prądnicy rozruchowej, bez włączenia ich wzbudzenia.

5) Uprzedzenie obsługi na wszystkich stanowiskach o rozpoczęciu rozruchu, a dla biorących udział po raz pierwszy dodatkowe wskazówki o sposobie postępowania, gdyż sam okres ruszania musi trwać krótko, aby nie przegrzać wirników obu maszyn.

6) Rozruch właściwy po ukończeniu wszystkich przygotowań i uprzedzeniu obsługi:

- zatrzymanie turbiny zespołu rozruchowego;
- włączenie wyłączników obu prądnic z elektrycznym połączeniem stojanów;
- włączenie wyłączników wzbudzenia obcej obu prądnic;
- wzbudzenie jednocześnie obu maszyn przy stopniowym podnoszeniu prądów wzbudzenia dla kompensatora do $50 \div 100$ % wartości prądu wzbudzenia przy biegu jałowym, dla prądnicy zespołu rozruchowego — do wartości mniej więcej takiej, jak dla biegu jałowego.

7) Po wzbudzeniu maszyn bezzwłoczne uruchomienie turbiny. Maszynista, który wykonuje tę czynność po raz pierwszy, powinien być uprzedzony, że maszyna rusza z dodatkowym obciążeniem, trzeba więc, aby zawór był więcej otwierany, a po ruszeniu dużo mniej przymykany niż normalnie. Bardzo ważne jest, żeby uruchomienie odbywało się sprawnie i nie było wielokrotnie powtarzane. W chwili ruszania turbiny, gdy kompensator nie ruszy jednocześnie, lecz występują kołysania, które powodują znaczne wahania prądu wzbudzenia obu maszyn, należy na chwilę (~ 30 sek.) forsować wzbudzenie na obu maszynach (do ~ 2 -krotnej ustawionej początkowo wartości). Zabieg ten,



Rys. 10. Przykład układu połączeń dla obwodu wirnika synchronizowanego silnika asynchronicznego

jeżeli prędkość wirowania zespołu rozruchowego nie jest większa od kilkudziesięciu obrotów na minutę, na ogół wprowadza bezzwłocznie kompensator w synchronizm z turbos zespołem rozruchowym i strzałki amperomierzy wzbudzenia „uspokajają się”. Czas rozruchu, licząc od rozpoczęcia wzbudzania do ruszenia kompensatora przy stosowaniu forsowania, nie powinien być dłuższy niż 3 minuty.

Jeżeli turbos zespół ruszył sam, nie pociągając za sobą kompensatora, należy obie wzbudnice zatrzymać, likwidując w ten sposób wzbudzenie obu maszyn bez przerywania obwodu. Ponowną próbę uruchomienia po raz drugi można dopiero po ostygnięciu wirnika kompensatora, a więc nie wcześniej niż po upływie 30 minut od ukończenia pierwszej próby, przy czym należy zwrócić szczególną uwagę na okoliczności powodujące nieudanie próby. Powodem nieudanej próby rozruchu może być czasem niezamknięcie połączenia między stojanami, co odczuje maszynista przez lekkie normalne ruszenie turbiny; równocześnie spostrzega się brak zakłócenia wirnika kompensatora. Jeżeli kołysanie występowało, powodem był zbyt szybki wzrost prędkości obrotowej turbos zespołu przy zbyt małym — w stosunku do tego wzrostu — sprężeniu magnetycznym maszyn.

8) Po udanym uruchomieniu i zaniknięciu wahań na amperomierzach wzbudzenia należy zmniejszyć prądy wzbudzenia. Po cząwszy od prędkości równej $30 \div 50$ % znamionowej liczby obrotów reguluje się prądy wzbudzenia tak, aby napięcie na zaciskach prądnic było proporcjonalne do prędkości w danej chwili w stosunku do napięcia w warunkach znamionowych.

9) Po osiągnięciu znamionowej liczby obrotów należy przejść ze wzbudzenia obcej kompensatora na własne w ten sposób, że włącza się wzbudnicę własną do pracy równoległej po uzgodnieniu biegunowości i wielkości napięcia z pracującą wzbudnicą obcą. Po połączeniu równoległym wzbudnic odłącza się wzbudnicę obcą, zabezpiecza wyłącznik przed przypadkowym odłączeniem, wyrównuje napięcie zespołu prądnic-kompensator i normalnie synchronizuje z pracującym układem szyn zbiorczych. Po dokonaniu synchronizacji turbos zespół rozruchowy może być normalnie wycofany z ruchu, przy czym przy odłączeniu od sieci

jednocześnie należy wzbudzenie wzbudnicy sprowadzić do zera i obwód wzbudzenia po zatrzymaniu maszyny doprowadzić do normalnego stanu.

Rozruch częstotliwościowy wprowadza w ruch kompensator w sposób łagodny bez prądów uderzeniowych przyłączeniu, jednakże wymaga wycofania z normalnego ruchu zespołu rozruchowego na czas potrzebny do rozruchu, a także wymaga przygotowań, które łącznie z uruchomieniem normalnie trwają kilka godzin. Sposób ten nadaje się więc do wprowadzenia większych jednostek do ruchu w okresach międzyszczytowych nocnych lub świątecznych.

Omówiony wyżej sposób rozruchu wymaga, aby do uruchomienia prądnicy do pracy w roli kompensatora był do rozporządzenia drugi zespół z napędem. Gdy nie ma możliwości rozruchu przez drugi zespół, można włączyć do pracy kompensator przy pomocy odpowiednio dobranego silnika i rozrusznika (opornik wodny).

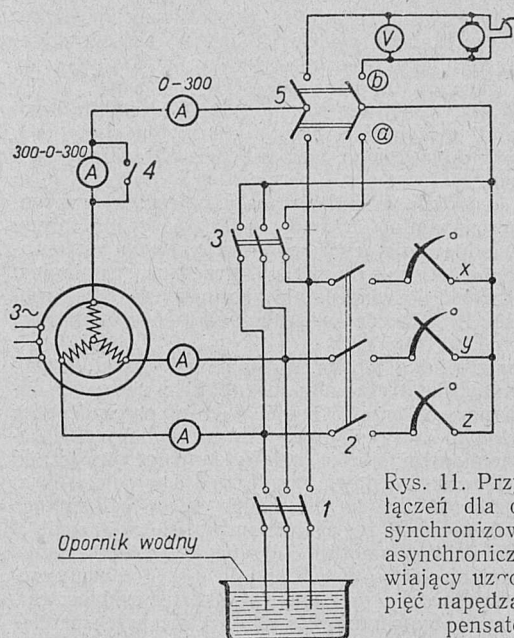
5. Rozruch silnikiem pomocniczym.

Dla prądnicy o prędkości mniejszej od 3000 obr./min. można zastosować silnik z mniejszą o 2 liczbą biegunów, a więc silnik o odpowiednio większej znamionowej liczbie obrotów. Możliwość uzyskania wtedy nadmiernej prędkości przez napędzaną prądnicę wymaga zabezpieczenia przed nadmiernym zmniejszeniem oporu rozrusznika poniżej wartości uzyskiwanej przy obciążeniu ustalonym dla znamionowej prędkości napędzanej prądnicy. Samo włączenie do ruchu może się odbywać przy normalnym przeprowadzeniu synchronizacji z siecią. Wielkość dobieranego silnika zależy od strat prądnicy napędzanej, które silnik musi mieć możliwość pokonać z pewnym nadmiarem. Orientacyjnie minimalną moc silnika można określić jako 4 do 5 % mocy biernej prądnicy, powiększonej w stosunku synchronicznej liczby obrotów prądnicy do znamionowej liczby obrotów prądnicy. Przykład: dla prądnicy na 1000 kVA i 1500 obr./min. najmniejsza moc silnika dwubiegunowego wyniesie około $50 \cdot \frac{3000}{1500} = 100$ kW.

Przy napędzaniu prądnicy silnikiem o równej liczbie biegunów należy przy doborze silnika określić moc odpowiednio mniejszą od strat biegu jałowego prądnicy na tyle, aby poślizg silnika był wielkości zezwalającej na przeprowadzenie synchronizacji ręcznej, względnie aparatem do samoczynnej synchronizacji. Jeżeli ze względu na stan prądnicy lub sieci można sieć chwilowo obciążyć dużym prądem, to po zakończonym rozruchu silnika i zwarcu jego pierścieni można włączyć nie w z b u d z o n ą prądnicę do sieci. Moment reakcyjny w tych warunkach powinien na ogół wprowadzić prądnicę w synchronizm, czemu towarzyszy zmniejszenie prądu pobieranego przez silnik poniżej wartości biegu jałowego. W chwilę po włączeniu prądnicy do sieci włącza się wzbudzenie i powoli zwiększa prąd wzbudzenia.

a) Gdy po włączeniu wzbudzenia prądnicę prąd pobierany z sieci przez kompensator początkowo zmniejsza się, jest to oznaką właściwego wpadnięcia w synchronizm wirnika kompensatora. Przez dalsze zwiększanie jego wzbudzenia, po przejściu przez minimalną wartość prądu, następuje właściwa praca kompensatora, to jest oddawanie mocy biernej do sieci.

b) Gdy po włączeniu — w początkowym okresie wzbudzenia kompensatora — prąd pobierany przez niego z sieci zaczyna wzrastać i zbliża się do granic niedopuszczalnych przez lokal-



Rys. 11. Przykład układu połączeń dla obwodu wirnika synchronizowanego silnika asynchronicznego, umożliwiający uzgodnienie fazy napięcia napędzanego nim kompensatora i sieci

ne warunki, należy wzbudzenie zmniejszyć i na chwilę maszynę wyłączyć, a następnie włączyć ją ponownie, obserwując jej zachowanie się. Przez odpowiednio długą przerwę we włączaniu, dobraną doświadczalnie, wprowadzić można wirnik kompensatora we właściwe położenie w stosunku do wirującego pola magnetycznego i maszyna będzie się zachowywać jak opisano wyżej w punkcie a).

Jeżeli pobieranie zbyt dużych prądów z sieci w okresie włączania nie jest możliwe, względnie nie jest wskazane ze względu na stan połączeń czołowych prądnicy, można dokonać włączenia do sieci przez uprzednią synchronizację asynchronicznego

Instrukcja rozruchu według rys. 11

Czynność	R o z r u c h			Synchronizacja wirnika silnika napędowego		Uzgodnianie fazy prądnicy z siecią			Włączenie
	1 stopień (opornikiem wodnym)	2 stopień (włączanie oporów rozruchowych i regulacyjnych)	zakończenie	przygotowanie	synchronizacja właściwa	*)	**)	***)	
Wyłącznik 1	włączenie	~~~~~	~~~~~	~~~~~	~~~~~	odłączenie	~~~~~	~~~~~	Po uzgodnieniu fazy włączenie prądnicy na sieć
Wyłącznik 2	odłączenie	włączenie	~~~~~	~~~~~	~~~~~	~~~~~	~~~~~	~~~~~	
Wyłącznik 3	odłączenie	~~~~~	włączenie	~~~~~	~~~~~	odłączenie	~~~~~	~~~~~	
Wyłącznik 4	włączenie	~~~~~	~~~~~	odłączenie	gdy prąd przechodzi przez zero w odp. stronę	~~~~~	~~~~~	~~~~~	
Przełącznik 5	położenie a	położenie a	położenie a	~~~~~	przełączenie w położ. b	~~~~~	~~~~~	~~~~~	
Opornik wodny	stopniowo włączany	zanurzony	zanurzony	~~~~~	~~~~~	~~~~~	~~~~~	~~~~~	
Opornik x	na maks. opór	od maks. do zwarcia	położenie zwarcia	~~~~~	~~~~~	~~~~~	~~~~~	~~~~~	
Opornik y	na maks. opór	od maks. do zwarcia	położenie zwarcia	~~~~~	~~~~~	~~~~~	regulowanie	położenie zwarcia	
Opornik z	na maks. opór	od maks. do zwarcia	położenie zwarcia	~~~~~	~~~~~	~~~~~	położenie zwarcia	regulowanie	

~~~~~ oznacza połączenie bez zmiany w stosunku do poprzedniego.

\*) Wzbudzenie prądnicy i obserwacja na urządzeniu synchronizacyjnym zgodności faz.

\*\*) Przy jednoczesnej obserwacji urządzeń synchr. regulowanie opornikiem y, jeżeli zmiany w kierunku zwiększenia różnicy napięć — wykonać czynność \*\*\*).

\*\*\*) Przy jednoczesnej obserwacji urządzeń regulowanie opornikiem z przy oporniku y w położeniu zwarcia.

silnika napędowego. Odpowiednie skrócenie wirnika — po synchronizacji silnika — w stosunku do wirującego pola w celu uzyskania zgodności faz między siecią i prądnicą włączaną można wykonać przez odpowiednią regulację wartości prądu wirnika w fazach łączonych równolegle.

#### 6. Synchronizowanie silnika asynchronicznego.

Przed opisaniem czynności łączeniowych przy tego rodzaju rozruchu należy wkrótce omówić istotę synchronizowania silnika asynchronicznego. W uzwojeniu wirnika silnika pierścieniowego po uruchomieniu płynie prąd zmienny o częstotliwości poślizgu. Jednym z chwilowych stanów wybranych będzie taki stan, kiedy przez jedną fazę płynie prąd maksymalny w kierunku do punktu zerowego gwiazdy, a przez pozostałe — prądy, każdy o wartości dwukrotnie mniejszej, w kierunku od punktu zerowego gwiazdy. Jeżeli utrzymać w sposób ciągły ten stan przez włączenie w obwód prądu stałego, wirnik będzie obracał się synchronicznie z polem.

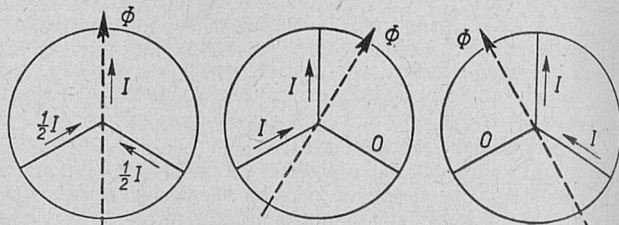
Dla przejścia do takich warunków pracy należy: a) przygotować układ połączeń według rys. 10; b) dobrać źródło prądu stałego o napięciu odpowiadającym spadkowi napięcia na uzwojeniu wirnika, połączonym jak na rys. 10. Przed uruchamianiem silnika należy sprawdzić doświadczalnie kierunek przepływu prądu i jego wartość. Prąd może osiągnąć wartość znamionową dla wirnika.

Synchronizowanie silnika można wykonać, gdy częstotliwość poślizgu jest dostatecznie mała, aby można było uchwycić odpowiedni moment dla przełączeń, łatwiej więc to wykonać przy silniku nie obciążonym lub pracującym z niewielkim obciążeniem. Przed uruchamianiem silnika należy zamknąć wyłączniki 3 i 4, otworzyć wyłącznik 5, ustawić przełącznik 6 w położeniu *a*. Rozruch silnika przeprowadza się normalnie aż do całkowitego zwarcia oporów rozrusznika, po czym zamyka się wyłącznik 5 i otwiera wyłączniki 3 i 4. Wyłącznik 3 trzeba zabezpieczyć przed przypadkowym zamknięciem. W ten sposób przygotowany został układ do synchronizacji. Amperomierz wskazuje zmianę wartości i kierunku prądu. Synchronizacja odbywa się przez przełączenie w położenie *b* przełącznika 6 w chwili, gdy wskazówka amperomierza 7 przechodzi przez zero, zmieniając kierunek na zgodny z kierunkiem prądu wywołanego dołączonym źródłem prądu stałego. Po włączeniu prądu stałego wirnik wchodzi w synchronizm z polem wirującym.

Na rys. 11 podany jest przykładowo układ połączeń dla synchronizowania silnika rozruchowego kompensatora ze stworzeniem możliwości uzgodnienia fazy napięcia sieci i kompensatora przez skracanie wirnika silnika napędowego w stosunku do

pola wirującego. Skracanie wirnika w stosunku do pola wirującego dokonuje się — po włączeniu prądu stałego w obwód wirnika silnika — przez zmianę wielkości tego prądu w uzwojeniu jednej z faz połączonych równolegle (regulacja oporem *y* względnie *z*). Kolejność czynności zestawiona jest w tabl. I, a rys. 12 wyjaśnia graniczne możliwości skracania wirnika w stosunku do pola.

Zespół — kompensator i silnik asynchroniczny — synchronizowany po włączeniu do sieci, pracuje zasadniczo jak dwa sprzęgnięte kompensatory, a zatem silnik w tym wypadku posiada większą moc bierną układu.



Rys. 12. Zakres regulacji położenia wirnika przy uzgadnianiu fazy prądniczej z siecią w myśl instrukcji rozruchu według rys. 11

#### 7. Osiągnięta moc bierna.

Turboprądnica obliczana jest dla pracy przy określonym współczynniku mocy (np. 0,8 lub 0,7). Dla tych warunków obciążenia przy znamionowym współczynniku mocy występuje na ogół jednakowe wykorzystanie cieplne stojana i wirnika maszyny. Przy pracy prądniczej w roli kompensatora współczynnik mocy jest bliski zeru i wtedy wirnik nagrzewa się stosunkowo więcej niż stojan. Praktycznie moc bierna, którą można uzyskać, wynosi około 70% mocy pozornej prądniczej.

Osiągnięcie dopuszczalnej granicznej temperatury uzwojenia wirnika można stwierdzić przez pomiar natężenia i napięcia prądu wzbudzenia dla wirnika w stanie zimnym przy określonej temperaturze. Obliczwszy wzrost dopuszczalnego oporu i podając obudze w instrukcji największą wartość stosunku odczytywanych wartości napięcia i natężenia prądu wzbudzenia, określamy pośrednio graniczną moc pozorną maszyny.

#### LITERATURA

Ministerstwo Energetyki. Instrukcja eksploatacji turbogeneratorów, PWT, 1952  
Jezierski E. Maszyny synchroniczne, PWT, 1951

DR INŻ. STANISŁAW BLADOWSKI  
MGR INŻ. ADAM PERETIATKOWICZ

## Doświadczenie w zakresie poprawy $\cos \phi$ w przemyśle węglowym

621.311.151:662.333

**Treść.** W artykule poddano analizie przebieg współczynnika mocy na kopalniach przemysłu węglowego. Z analizy średnich rocznych współczynników mocy widać wyraźną tendencję stałego podnoszenia się ich wartości na znacznej większości kopalni. W sprawie przebiegu dobowych wahań współczynnika mocy podano orientacyjnie zużycie energii oraz moce zainstalowane w poszczególnych oddziałach kopalni węgla kamiennego. We wnioskach końcowych podkreślono wpływ zastosowania nowoczesnych metod organizacji produkcji na podniesienie wartości współczynnika mocy.

**Кoeffициент мощности в каменноугольных копях.** Проанализирован характер изменений этого коэффициента. Из анализа средних годовых значений коэффициента мощности явствует для большинства копей непрерывное стремление к его повышению. По вопросу суточных колебаний коэффициента мощности приведены ориентировочные данные о потреблении энергии и об установленных мощностях в отдельных пунктах каменноугольной копи. В заключении подчеркнута влияние современных методов организации работ на повышение коэффициента мощности.

**Power factor in collieries.** The author reviews the power factor course in collieries. The power factor values in the majority of collieries have, as will be seen from an analysis of mean annual power factors, a distinct and steady upward trend. Approximate figures of power consumption and of the capacity installed in individual colliery departments are given to illustrate power factor fluctuations in the course of the day. The author stresses, in summing up, the influence of modern production organisation methods on the increment of the power factor value.

#### 1. Wstęp.

Oceniając właściwie znaczenie współczynnika mocy w gospodarce energetycznej, nie można poprzestać na obliczaniu średniego rocznego lub miesięcznego  $\cos \phi$ , ale trzeba przeprowadzić jeszcze analizę poboru mocy biernej na podstawie wykresów dobowego przebiegu współczynnika mocy. Badania w tym kierunku na terenie Zagłębia Górnośląskiego zostały podjęte przez G.I.G. Niezależnie od wykresów mocy biernej i czynnej dla całej kopalni sporządza się — w celu umożliwienia szczegółowej analizy — wykresy dobowego przebiegu współczynnika mocy dla poszczególnych oddziałów dolowych i powierzchniowych oraz dla pewnych grup odbiorów.

Niniejsza praca ma zanalizować na podstawie zebranych dotychczas materiałów obecny stan zagadnienia  $\cos \phi$  w przemyśle węglowym.

Materiały, na których oparto niniejszą pracę, nie są jeszcze kompletne, gdyż obejmują dopiero około połowy kopalni przemysłu węglowego, zgromadzonych głównie w górnośląskiej niecce węglowej. Brak tu danych, dotyczących Zagłębia Dąbrowskiego

i okęgów Dolnośląskiego, Rybnickiego oraz Krakowskiego. Materiały dotychczasowe pozwalają już jednak na wyciągnięcie pewnych wniosków ogólnych, które mogą być wskazówką do poprawy współczynnika mocy. Poniższe uwagi obejmują analizę średniego rocznego współczynnika mocy w kopalniach objętych statystyką oraz analizę dobowego przebiegu współczynnika mocy zarówno dla całej kopalni, jak i dla poszczególnych jej oddziałów.

#### 2. Średni roczny współczynnik mocy kopalni.

Średni roczny współczynnik mocy kopalni węgla kamiennego w okresie ostatnich pięciu lat podany jest na rys. 1 w postaci wykresu słupkowego. Wykres obejmuje dane statystyczne od 15 kopalni w r. 1948 do 34 kopalni w r. 1951 i 1952. Dane 1953 roku są to średnie współczynniki mocy ze stycznia i dotyczą 40 kopalni.

Wykres wskazuje, że współczynnik mocy odbiorów przemysłu węglowego ma na ogół poziom korzystny. Około 1/3 wszystkich kopalni objętych statystyką wykazuje w latach 1948-1952 średni roczny  $\cos \phi$  nie niższy od następujących wartości:

|      |      |       |       |       |
|------|------|-------|-------|-------|
| 1948 | 1949 | 1950  | 1951  | 1952  |
| 0,83 | 0,81 | 0,817 | 0,823 | 0,825 |



dla pozostałych zaś  $\frac{2}{3}$  kopalni odpowiednie średnie roczne wartości  $\cos \varphi$  były nie niższe od następujących:

| 1948 | 1949 | 1950 | 1951 | 1952 |
|------|------|------|------|------|
| 0,75 | 0,72 | 0,73 | 0,74 | 0,75 |

Na ogół więc w przemyśle węglowym większość kopalni wykazuje już obecnie dość wysoki średni roczny współczynnik mocy.

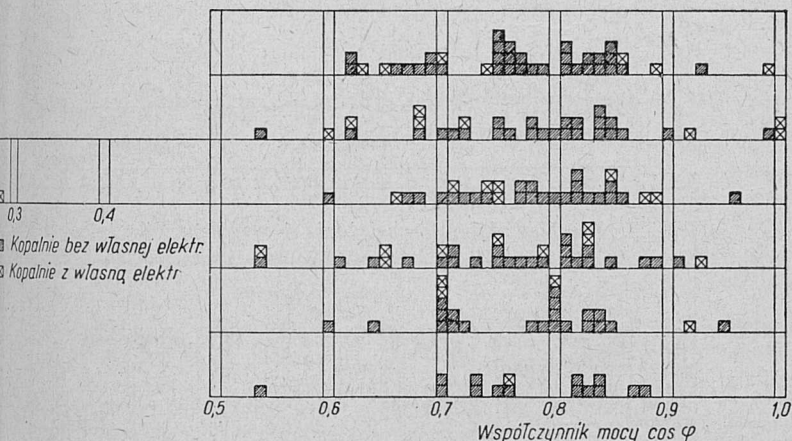
Największa liczba kopalni bez elektrowni wykazuje współczynnik mocy w następujących granicach:

| 1950        | 1951        | 1952        |
|-------------|-------------|-------------|
| 0,70 — 0,83 | 0,70 — 0,85 | 0,75 — 0,85 |

w styczniu zaś 1953 r. wyraźnie zaznaczają się granice 0,75 — 0,86. Przebieg wahań rocznego współczynnika mocy dla 17 z tych kopalni pokazany jest na rys. 2. Jak widać, wahania współczynnika mocy są poza nielicznymi wyjątkami nieznaczne.

Natomiast bardzo poważnym wahaniom ulega średni roczny współczynnik mocy kopalni mających własne elektrownie, jak pokazuje rys. 3. Jest rzeczą charakterystyczną, że kopalnie nie mające elektrowni grupują się w środkowej części rys. 1, natomiast kopalnie mające elektrownie własne z biegiem czasu — od roku 1951 — coraz wyraźniej zaczynają się grupować w strefach najwyższych i najniższych współczynników mocy: w strefie najwyższych wartości  $\cos \varphi$  zgrupowane są przeważnie kopalnie z elektrowniami włączonymi do sieci okręgowej, które prowadzą racjonalną gospodarkę i obciążają swoje prądnice mocą bierną, natomiast w strefie niskich współczynników mocy można rozróżnić trzy grupy kopalni.

Pierwszą grupę stanowią kopalnie, których elektrownie pracują niezależnie od sieci okręgowej, przy czym w tym przypadku elektrownia własna obciążana bywa przeważnie odbiorami dającymi małe wahania poboru mocy (pompy, kompresory itp.), a więc odbiorami dużymi, pracującymi przy wysokim  $\cos \varphi$ , pozostałe zaś odbiory — mniej korzystne, bo dające duże wahania mocy i współczynnika mocy — przerzucane są na sieć okrę-



Rys. 1. Wykres słupkowy średnich rocznych współczynników mocy dla kopalni przemysłu węgłowego

Rys. 2. Przebieg średniego rocznego współczynnika mocy dla 17 kopalni nie mających własnych elektrowni

gową. Stan ten można byłoby w dużej mierze poprawić wprowadzając współpracę równoległą tych elektrowni kopalnianych z siecią okręgową, w większości wypadków konieczne byłoby jednak zastosowanie wtedy dławików lub innych urządzeń do ograniczania prądów zwarciovych.

Drugą grupę stanowią kopalnie, których elektrownie współpracują wprawdzie z siecią okręgową, ale które z tych lub innych względów wolą czerpać energię bierną z sieci zamiast ją produkować, lub też wolą pracować wygodnie przy stałym wzbudzeniu nie troszcząc się o to, jaki to ma wpływ na współczynnik mocy energii pobranej z sieci.

Wreszcie trzecią grupę stanowią przypadki, gdzie elektrownia kopalniana w godzinach większego obciążenia sieci okręgowej oddaje energię przy znacznie wyższym współczynniku mocy (wieczorem odbiory przeważnie oświetleniowe), niż ją pobiera (głównie silniki kopalniane). Wówczas w rocznym bilansie kopalnia ma w stosunku do sieci okręgowej pobór energii czynnej znacznie bardziej zmniejszony niż pobór energii biernej. W rezultacie daje to poważne obniżenie obrachunkowego i statystycznego średniego współczynnika mocy  $\cos \varphi$ .

### 3. Wzrost średniego rocznego współczynnika mocy.

Rozpatrzmy charakter wahań średnich rocznych współczynników mocy w skali całego przemysłu węglowego. Procentowy

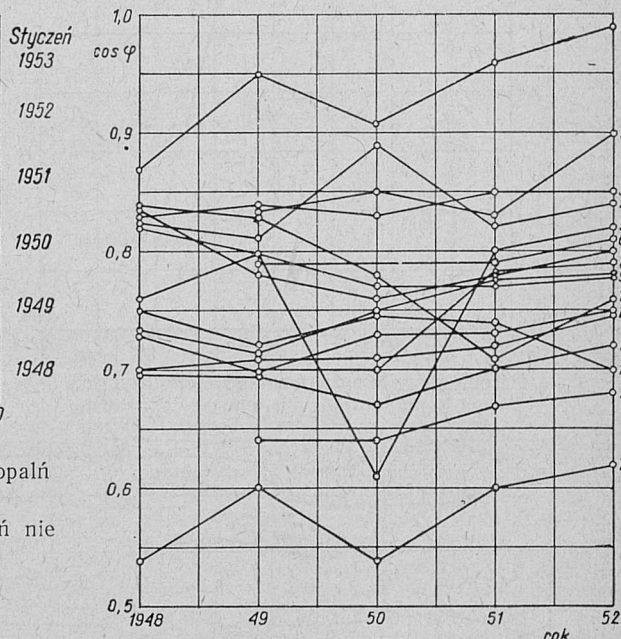
udział kopalni w poszczególnych grupach współczynników mocy, stopniowanych co 0,05 w granicach od 0,6 do 0,95, podany jest na rys. 4. Linie pełne obejmują wszystkie ujęte statystyką kopalnie, natomiast linie przerywane dotyczą tylko kopalni nie mających własnych elektrowni. Z wykresów widać, że ok. 50% kopalni ma współczynnik mocy lepszy od 0,8, a w ostatnim roku  $\cos \varphi = 0,75$  osiągnęło 75% kopalni nie mających własnych elektrowni. Z wykresu widać wyraźnie, że krzywe dla  $\cos \varphi = 0,9, 0,85, 0,75, 0,6$  mają stałą i wyraźną tendencję wzrostową, pozostałe zaś ulegają wahaniom, jednakże — ogólnie biorąc — również podnoszą się. Oznacza to, że energetycy przemysłu węglowego prowadzą stałą akcję w celu poprawy współczynnika mocy i że ta akcja daje coraz lepsze wyniki.

### 4. Wahania współczynnika mocy całej kopalni.

Ciekawy materiał zawiera analiza wartości i przebiegu dobowego współczynnika mocy dla poszczególnych oddziałów lub grup odbiorów w kopalniach.

Analizę przeprowadzimy głównie na podstawie pomiarów, wykonanych przez G.I.G. w trzech kopalniach: jedna z nich (P) jest kopalnią bez własnej elektrowni, przy czym wahania średniego rocznego współczynnika mocy za okres 5 lat wynosiły w niej kolejno 0,79, 0,79, 0,79, 0,81, 0,81; druga (K) to kopalnia mająca własną elektrownię, która do r. 1951 współpracowała z siecią okręgową, a od r. 1951 pracuje niezależnie, jej współczynniki mocy wynosiły w poszczególnych latach: 1950 — 0,79, 1951 — 0,88, 1952 — 0,68, a w styczniu 1953 r. 0,62; trzecia (R) — również kopalnia bez własnej elektrowni — wykazuje bardzo wysoki współczynnik mocy 0,89 do 0,93.

Rys. 5 podaje przebieg wahań średniego miesięcznego współczynnika mocy w kopalni K; jej moc zainstalowana wynosi 12 260 kW, szczyt ok. 3 600 kW, średni roczny  $\cos \varphi$  wynosił w 1951 r. 0,88, w roku 1952 — 0,68. Na wykresie widać załamanie się współczynnika mocy w styczniu 1952 r.; spowodowało

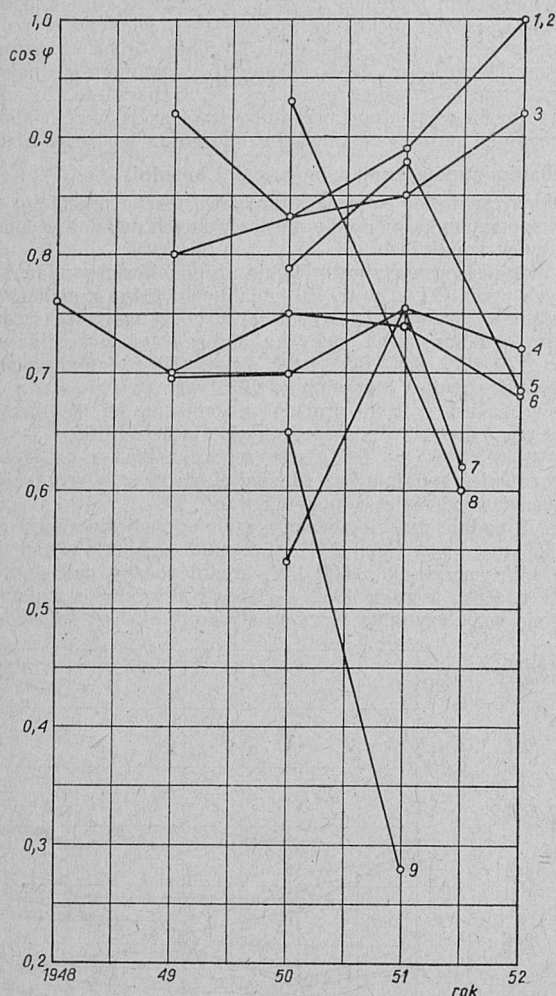


ją zatrzymanie ruchu w kotłowni kopalnianej, wskutek czego więcej niż połowa obciążenia została przerzuczona na sieć ZEOP.

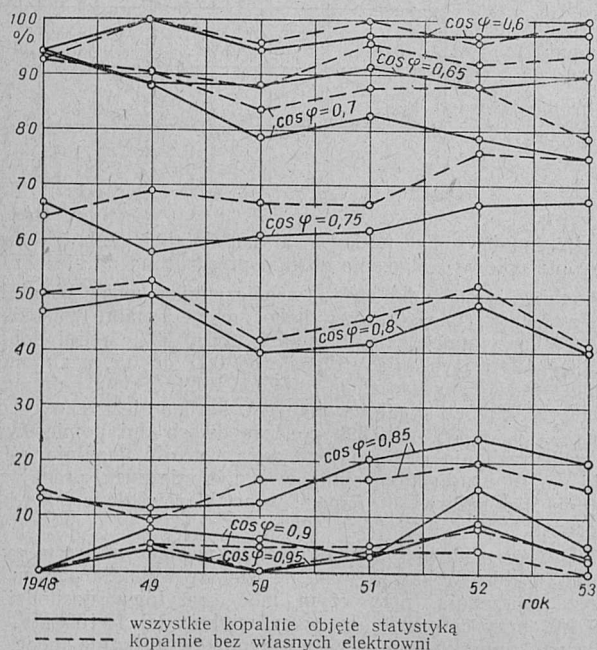
Przebieg wahań dobowego współczynnika mocy kopalni R przedstawia rys. 6. Szczytowy pobór mocy kopalni wynosi ok. 3 500 kW przy mocy zainstalowanej 14 500 kW; średni dobowy współczynnik wyzyskania waha się od 0,17 do 0,2, a zmianowy współczynnik wyzyskania od 0,14 do 0,21. Średni zmianowy współczynnik mocy kopalni waha się w bardzo nieznacznych granicach — od 0,886 do 0,899 podczas dwóch dni pomiarowych. Tak małe wahania  $\cos \varphi$  i jego duża wartość kopalnia osiąga dzięki zastosowaniu kilku silników synchronicznych, pracujących całą dobę bez przerwy do napędu wentylatorów głównych i kompresorów.

Rys. 7 przedstawia przebieg wahań współczynnika mocy na kopalni P, która wykazuje znacznie większe wahania poboru mocy niż poprzednia, przy czym moc szczytowa dochodzi do 4 600 kW przy całkowitej mocy zainstalowanej 13 150 kW. Kopalnia ma stosunkowo duży współczynnik wyzyskania mocy, wahać się w granicach od 0,235 do 0,280 dla zmian wydobywczych. Pracując na trzy zmiany osiąga dobowy współczynnik

mocy ok. 0,81, jak widać na wykresie, przy czym jego wahania są bardzo nieznaczne (od 0,802 do 0,82); jedynie podczas dni niewydobywczych (2 dni w miesiącu) wartość  $\cos \varphi$  obniża się, ale nie wywiera to większego wpływu na ogólny miesięczny współczynnik mocy. Kopalnia ta ma tylko jeden czynny silnik synchroniczny — do napędu sprężarki o mocy 620 kW.



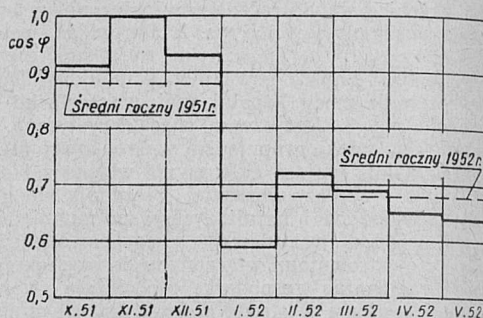
Rys. 3. Przebieg średniego rocznego współczynnika mocy dla 9 kopalni mających własne elektrownie



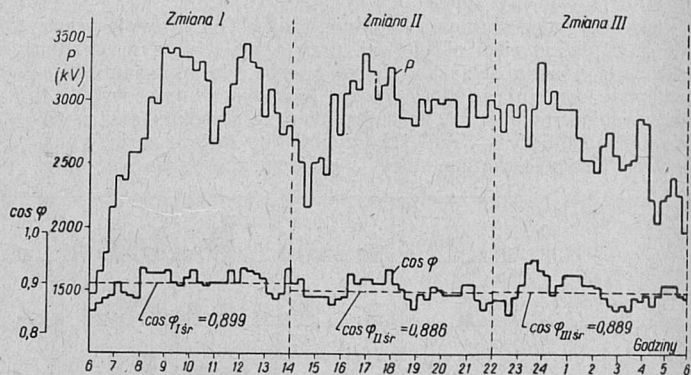
Rys. 4. Procentowy udział kopalni o średnim rocznym współczynnikiem mocy powyżej 0,95, 0,9, 0,85, 0,8, 0,75, 0,7, 0,65 i 0,6

## 5. Rozdział energii i moc zainstalowana w oddziałach kopalnianych.

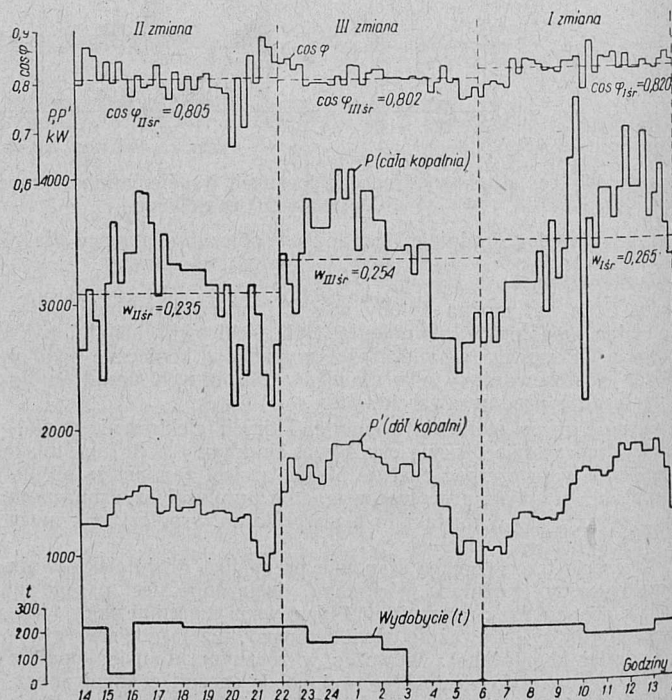
Do analizy wahań dobowych współczynnika mocy w poszczególnych oddziałach kopalni trzeba wiedzieć, które odbiory lub grupy odbiorów wywierają decydujący wpływ na wielkość współczynnika mocy kopalni oraz które odbiory mają wpływ bardzo mały. W tym celu w tabl. I podano procentowy udział poszczególnych oddziałów w poborze energii zużywanej przez kopalnię. Dane te dotyczą kopalń K i P, które tu poddajemy analizie. Z danych tabl. I wynika, że największy pobór energii wykazują sprężarki powietrzne, pompy do odwadniania, maszyny wycią-



Rys. 5. Przebieg średniego miesięcznego współczynnika mocy na kopalni mającej własną elektrownię



Rys. 6. Przebieg dobowy obciążenia i współczynnika mocy na kopalni bez własnej elektrowni (6—7.V.52)



Rys. 7. Przebieg dobowy obciążenia i współczynnika mocy całej kopalni z wyodrębnieniem odbiorów dołowych na tle krzywej wydobywania węgla (15-16.X.52)

Moc zainstalowana całej kopalni 13 150 kW,  $\cos \varphi_{sr \text{ dob}} = 0,809$



gowe, a dalej poważniejszymi odbiorami są: odstawa (przenośniki dołowe), trakcja dołowa, sortownie, w niektórych przypadkach wentylatory. Kotłownia, potrzeby własne elektrowni, warsztaty naprawcze oraz podsadzka plynna zużywają stosunkowo niewielką ilość energii.

Moce zainstalowane w poszczególnych oddziałach tych samych kopalń są podane w tabl. II. Największe moce zainstalowane są w napędach sprężarek, pomp do odwadniania, maszyn wycią-

Tablica I. Zużycie energii w poszczególnych oddziałach kopalni

| Czynności                           | Kopalnia K |       | Kopalnia P |       |
|-------------------------------------|------------|-------|------------|-------|
|                                     | MWh        | %     | MWh        | %     |
| 1. Maszyny do urabiania i ładowania | 9          | 0,4   | 33         | 1,4   |
| 2. Odstawa                          | 199        | 9,1   | 90         | 4,0   |
| 3. Trakcja dołowa                   | 171        | 7,8   | 125        | 5,5   |
| 4. Odwadnianie                      | 372        | 17,1  | 214        | 9,4   |
| 5. Maszyny wyciągowe                | 193        | 8,9   | 411        | 18,1  |
| 6. Sortownia                        | 140        | 6,4   | 75         | 3,3   |
| 7. Sprężarki                        | 617        | 28,3  | 1163       | 51,2  |
| 8. Wentylatory                      | 89         | 4,0   | 15         | 0,7   |
| 9. Podsadzka                        | 45         | 2,1   | 36         | 1,6   |
| 10. Warsztaty                       | 40         | 1,8   | 35         | 1,5   |
| 11. Kotłownia                       | 65         | 3,0   | —          | —     |
| 12. Elektrownia                     | 36         | 1,6   | —          | —     |
| 13. Oświetlenie                     | 35         | 1,6   | 18         | 0,8   |
| 14. Inne                            | 172        | 7,9   | 56         | 2,5   |
| Razem                               | 2183       | 100,0 | 2271       | 100,0 |

gowych oraz odstawy. Trakcja dołowa, sortownie, maszyny do urabiania, urządzenia podsadzki stanowią drugą grupę odbiorów.

Przebieg dobowych wahań poboru mocy na kopalni K pokazany jest na rys. 8. Na wykresie wydzielona jest moc pobierana przez urządzenia dołowe oraz odwodnienie główne.

Tablica II. Moce zainstalowane w poszczególnych oddziałach kopalni

| Czynności                           | Kopalnia K |       | Kopalnia P |       |
|-------------------------------------|------------|-------|------------|-------|
|                                     | kW         | %     | kW         | %     |
| 1. Maszyny do urabiania i ładowania | 190        | 1,6   | 640        | 4,5   |
| 2. Odstawa                          | 1500       | 12,2  | 2270       | 16,1  |
| 3. Trakcja dołowa                   | 950        | 7,7   | 1570       | 11,1  |
| 4. Odwadnianie                      | 3350       | 27,3  | 2550       | 18,0  |
| 5. Maszyny wyciągowe                | 1750       | 14,3  | 1450       | 10,2  |
| 6. Sortownia                        | 480        | 3,9   | 330        | 2,3   |
| 7. Sprężarki                        | 1190       | 9,7   | 4000       | 28,3  |
| 8. Wentylatory                      | 200        | 1,6   | 300        | 2,1   |
| 9. Podsadzka                        | 670        | 5,5   | 580        | 4,1   |
| 10. Warsztaty                       | 270        | 2,2   | 250        | 1,8   |
| 11. Kotłownia                       | 500        | 4,1   | —          | —     |
| 12. Elektrownia                     | 500        | 4,1   | —          | —     |
| 13. Inne                            | 710        | 5,8   | 210        | 1,5   |
| Razem                               | 12260      | 100,0 | 14150      | 100,0 |

#### 6. Dobowe zmiany współczynnika mocy w oddziałach kopalni.

Wahania wartości współczynnika mocy poszczególnych oddziałów kopalni są różne w zależności od wielkości odbiorów i rodzaju obciążenia; omówimy je kolejno według ich wpływu na współczynnik mocy całej kopalni.

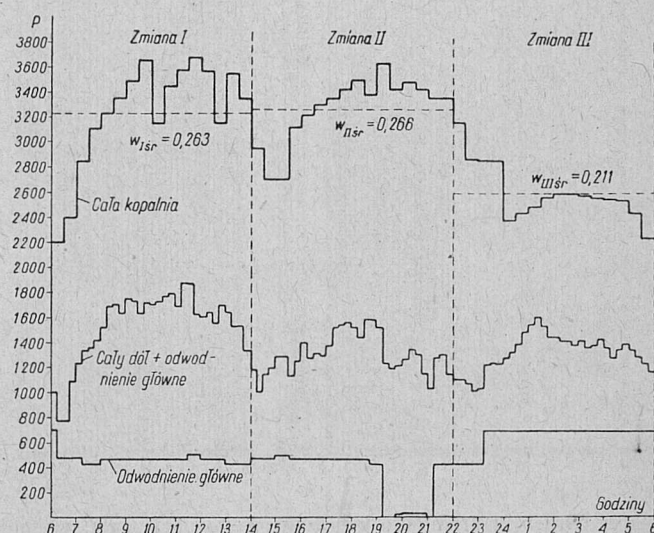
Sprężarki. Zużycie energii elektrycznej w sprężarkach osiąga w niektórych przypadkach połowę zużycia energii w całej kopalni, sprężarki mają więc decydujący wpływ na wielkość średniego rocznego współczynnika mocy. Współczynnik mocy, przy którym pracują napędowe sprężarki, jest wysoki, przy czym moce silników napędowych sprężarek są duże, przeciętnie 100—130 kW, a nierzadko 1 000 kW i wyżej. Pracują one przy równomiernym wysokim obciążeniu. Duża część tych napędów to wolnobieżne silniki synchroniczne, pracujące przy pojemnościowym współczynniku mocy.

Odwodnienie. Napędy pomp odwadniających stanowią w skali całego przemysłu węglowego drugą najpoważniejszą grupę odbiorów. Tu również stosowane są duże silniki napędowe o mocy przekraczającej nieraz 1 000 kW. Są to silniki asynchro-

niczne pierścieniowe, których punkt pracy leży na ogół powyżej 50% obciążenia znamionowego. W rezultacie i ta grupa odbiorów daje średni współczynnik mocy na poziomie nie niższym niż 0,85, a niejednokrotnie dochodzący do 0,9.

Maszyny wyciągowe. Maszyny wyciągowe należą do największych odbiorników na kopalni. Przeciętne ich moce są zawarte w granicach 300—1 200 kW i dochodzą nawet do 2 000 kW. Wskutek dużych wahań obciążenia oraz dłuższych okresów biegu luzem przetwornicy średni współczynnik mocy jest niski. Nieco lepsze wartości średniego dobowego współczynnika mocy można osiągnąć przy maszynach z silnikiem napędowym asynchronicznym. Na rys. 9 podany jest wykres wahań współczynnika wyzyskania maszyny wyciągowej napędzanej silnikiem asynchronicznym o mocy 850 kW obsługującej skip. Średni dobowy współczynnik mocy kształtuje się na poziomie  $\cos \varphi = 0,69$ , jest więc stosunkowo niski. Wykres ten odpowiada przeciętnej asynchronicznej maszynie wyciągowej. Maszyny wyciągowe w układzie Leonarda pracują przy niższym średnim dobowym współczynniku mocy z uwagi na długie okresy biegu luzem przetwornicy.

Odstawa. Moce silników napędowych przenośników nie przekraczają na ogół 45 kW. Są to przeważnie silniki dwukłatkowe lub głębokożłobkowe, chociaż znaczną liczbę stanowią rów-



Rys. 8. Przebieg dobowy poboru mocy na kopalni K z wydzielaniem odbiorów dołowych i odwodnienia głównego (4-5.VIII.52)

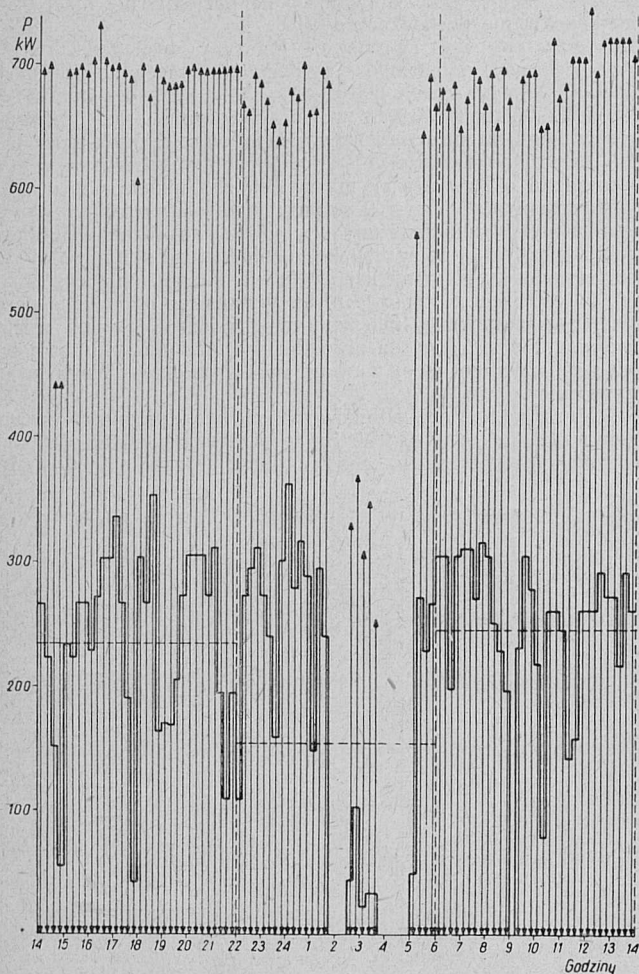
Moc zainstalowana całej kopalni 12 260 kW

niezwykle silniki kłatkowe. Bywa ich na przeciętnej kopalni po kilkadziesiąt sztuk, a ponieważ pracują one przez dłuższe okresy niedociążone lub bieżąco luzem, przeto średni zmianowy współczynnik mocy jest dla odstawy na ogół niski. Na rys. 10 podany jest przebieg wahań współczynnika mocy w oddziale dołowym pracującym na dwie zmiany, gdzie moc zainstalowana na odstawie wynosi 440 kW; ponadto w oddziale znajdują się 2 pompy i 2 wentylatory, z których 1 pompa i 2 wentylatory są stale w ruchu. Na wykresie widać wyraźny wpływ obciążenia przenośników odstawy na podwyższenie współczynnika mocy w godzinach ładowania urobku od 8<sup>30</sup> do 14 i od 16<sup>30</sup> do 22. W pozostałych godzinach wartości współczynnika mocy są znacznie niższe.

Inny przykład przebiegu współczynnika mocy podany jest na rys. 11. Jest to oddział wydobywczy pracujący na trzy zmiany. Całkowita moc zainstalowana wynosi 175 kW, przy czym zastosowane są tu tylko napędy przenośnikowe. Średnie współczynniki mocy w godzinach obciążenia przenośników urobkiem są dość wysokie, wahają się bowiem ok. 0,75. W godzinach małego naładowania wydobywania wartości współczynnika mocy nie dało się ustalić wskutek bardzo małych wychyleń przyrządów rejestrujących.

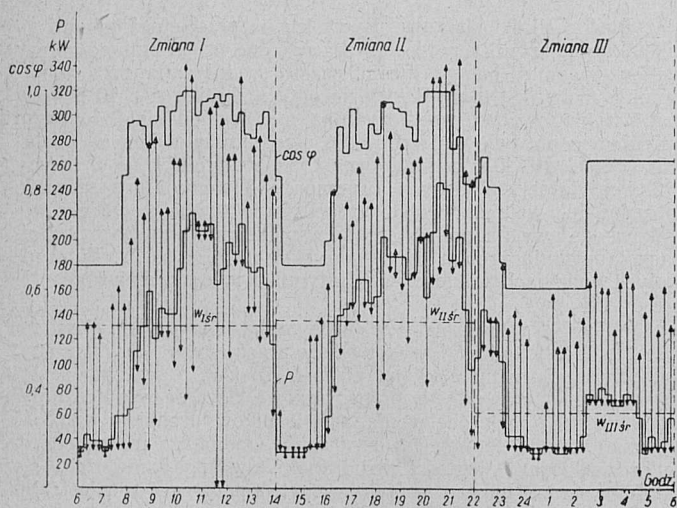
Mechaniczne urabianie i ładowanie. Na rys. 12 podany jest przebieg wahań dobowego współczynnika mocy na oddziale ścianowym, pracującym na trzy zmiany i mającym 10 wrębiarek z czego 6 w ruchu (o mocy 30 kW), 1 kołowrót o mocy 37 kW. Pozostałe napędy stanowią przenośniki o mocy łącznej ok. 207 kW. W porównaniu z wykresami podanymi na rys. 10 i 11 widać tu wyraźny wzrost wahań obciążenia, duże moce chwilowe i dalsze obniżenie współczynnika mocy. Wrębiarki w tym oddziale używane są również do ładowania węgla; wówczas pracują przy

bardzo małym obciążeniu, wpływając bardzo poważnie na obniżenie zmianowego współczynnika mocy.



Rys. 9. Przebieg średniego kwadransowego obciążenia, wahań chwilowego obciążenia oraz średniego obciążenia na zmianę maszyny wyciągowej z silnikiem asynchronicznym na 850 kW (15-16.X.52)

Średni  $\cos \varphi$  w godzinach pracy wynosił 0,69



Rys. 10. Przebieg poboru mocy oraz współczynnika mocy na ścianowym oddziale wydobywczym (27-28.VI.52); urabianie i ładowanie ręczne; wydobywanie na dwóch zmianach; moc zainstalowana 595 kW

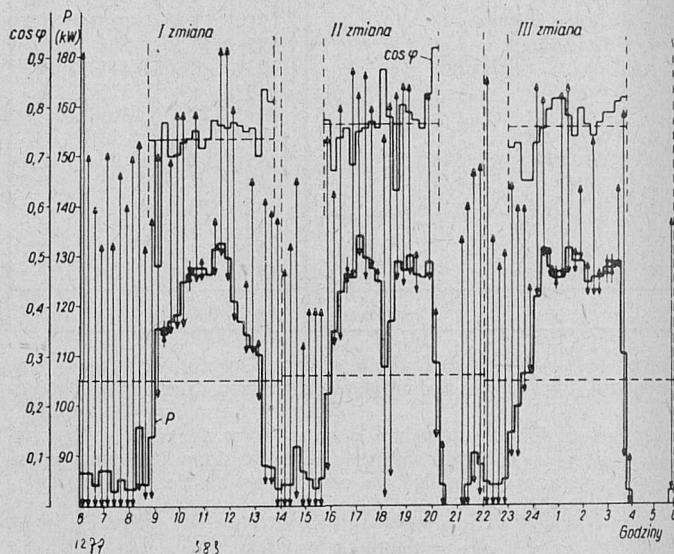
Współczynnik wyzyskania:  $w_{I \text{ sr}} = 0,221$ ;  $w_{II \text{ sr}} = 0,226$ ;  $w_{III \text{ sr}} = 0,104$   
 $w_{\text{dob sr}} = 0,183$

Współczynnik mocy:  $\cos \varphi_{I \text{ sr}} = 0,822$ ;  $\cos \varphi_{II \text{ sr}} = 0,722$ ;  $\cos \varphi_{III \text{ sr}} = 0,742$   
 $\cos \varphi_{\text{sr, dob}} = 0,762$

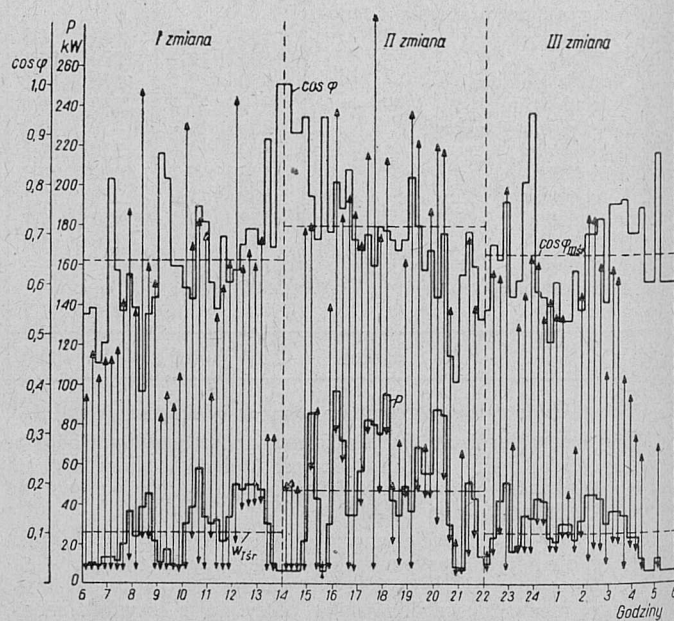
Trakcja dołowa. Podziemne koleje elektryczne zasilane są za pośrednictwem prostowników rtęciowych lub przetwornice wirujących. W pierwszym przypadku średni dobowy współczynnik mocy jest wysoki, ponieważ mimo znacznych wahań obciążenia stopień wyzyskania urządzeń przetwórczych jest duży.

Przetwornice jednotwornikowe dają możliwość poprawienia współczynnika mocy przez odpowiednie wzbudzenie maszyny; jedynie na tych kopalniach, gdzie mamy przetwornice z napędem silnikiem asynchronicznym, średni dobowy współczynnik mocy będzie niższy.

Cały dół kopalni. Całkowita moc zainstalowana w podziemiach kopalni przekracza połowę całkowitej mocy odbiorników kopalni. Poza odwodnieniem i sprężarkami są to przeważnie odbiory małej lub średniej mocy, z których większość jest słabo obciążona. Pobór mocy oraz przebieg współczynnika mocy dla całego dołu kopalni pokazany jest na rys. 13. Moc zainstalowana wynosi około 6130 kW. Na wykresie wyodrębniono pobór



Rys. 11. Przebieg poboru mocy oraz współczynnika mocy na oddziale wydobywczym, pracującym na trzy zmiany (15-16.XI.52); moc zainstalowana 175 kW



Rys. 12. Przebieg poboru mocy oraz współczynnika mocy na oddziale wydobywczym ze zmechanizowanym urabianiem i ładowaniem; praca na trzy zmiany (5-6.X.52); moc zainstalowana 505 kW

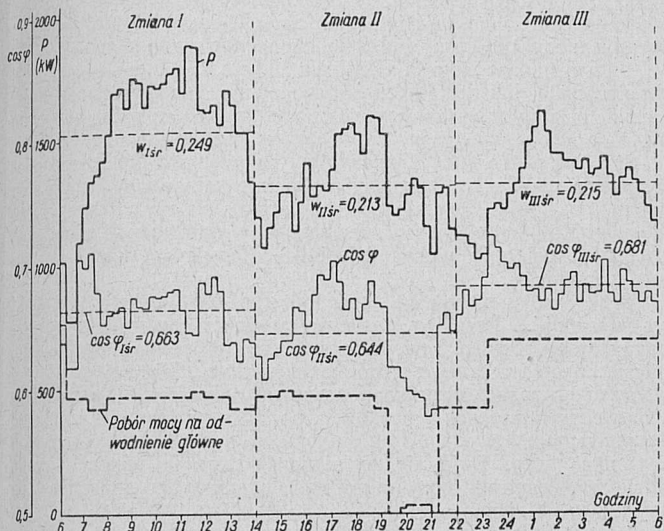
Współczynnik wyzyskania:  $w_{I \text{ sr}} = 0,053$ ;  $w_{II \text{ sr}} = 0,093$ ;  $w_{III \text{ sr}} = 0,052$   
 $w_{\text{sr dob}} = 0,063$

Współczynnik mocy:  $\cos \varphi_{I \text{ sr}} = 0,647$ ;  $\cos \varphi_{II \text{ sr}} = 0,714$ ;  $\cos \varphi_{III \text{ sr}} = 0,659$   
 $\cos \varphi_{\text{sr dob}} = 0,673$



mocy przez odwodnienie główne. Widać tu wyraźny wpływ pracy odwodnienia głównego na współczynnik mocy: np. w godz. 19<sup>15</sup> — 21<sup>15</sup>, kiedy odwodnienie nie pracowało,  $\cos \varphi$  wyraźnie obniżył się do wartości nawet poniżej 0,6.

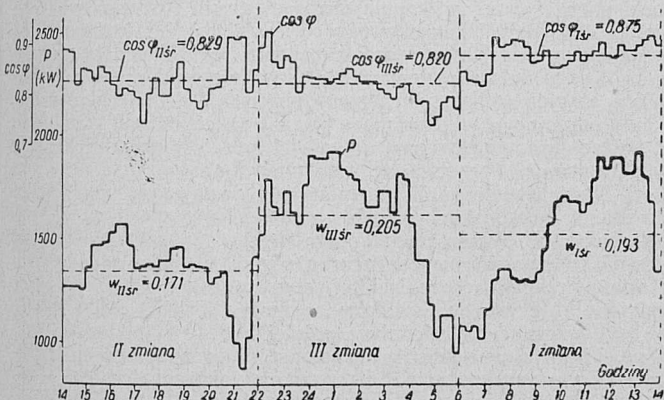
Na rys. 14 przedstawiony jest przebieg wahań współczynnika mocy dla innej kopalni. Moc zainstalowana na dole kopalni wynosi 7 870 kW. Ogólnie biorąc wyższą wartość współczynnika mocy w porównaniu z poprzednio omawianą kopalnią osiąga się tu dzięki zainstalowaniu niektórych sprężarek w podziemiach kopalni, z nich jedna ma silnik synchroniczny o mocy 620 kW, który pracuje stale przy pojemnościowym współczynniku mocy  $\cos \varphi = 0,83$ .



Rys. 13. Przebieg poboru mocy oraz współczynnika mocy dla odbiorców dołowych na kopalni (4-5.VIII.52); moc zainstalowana całego dołu 6130 kW

Średni dobowy współczynnik wyzyskania  $w_{\text{dob sr}} = 0,2285$

Średni dobowy współczynnik mocy  $\cos \varphi_{\text{dob sr}} = 0,663$



Rys. 14. Podwyższenie współczynnika mocy dla odbiorców dołowych na kopalni dzięki zainstalowaniu sprężarki z silnikiem synchronicznym; moc zainstalowana całego dołu 7870 kW

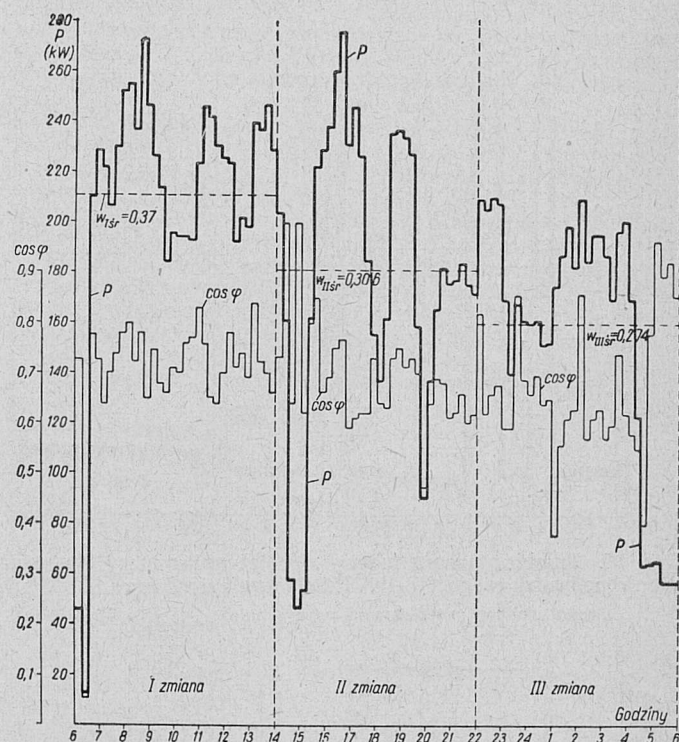
Średni dobowy współczynnik wyzyskania  $w_{\text{dob sr}} = 0,190$

Średni dobowy współczynnik mocy  $\cos \varphi_{\text{dob sr}} = 0,841$

**Sortownia.** Przebieg współczynnika mocy dla sortowni wykazuje bardzo znaczne wahania, przy czym ogólnie biorąc współczynnik ten jest niski. Głównym powodem tego jest przewymiarowanie silników napędowych i — co za tym idzie — ich słaby stopień wyzyskania oraz nierównomierność obciążenia. Widać to wyraźnie z wykresów podanych na rys. 15, dotyczącym sortowni o mocy zainstalowanej ok. 590 kW, o wydajności ok. 290 t/h. Średni dobowy współczynnik mocy waha się tutaj około 0,7.

Znacznie gorzej przedstawia się sytuacja w sortowni P (rys. 16), gdzie, jak widać, średni dobowy współczynnik mocy wynosi 0,55. Moc zainstalowana w tej sortowni jest ok. 330 kW. Wyraźny wzrost współczynnika mocy w okresach 14<sup>15</sup> — 14<sup>45</sup>, 21<sup>30</sup> — 21<sup>45</sup> i 24<sup>15</sup> — 41<sup>15</sup> jest spowodowany przez odbiory oświetleniowe, których wpływ przy wyłączeniu większości silników napędowych znacznie wzrasta.

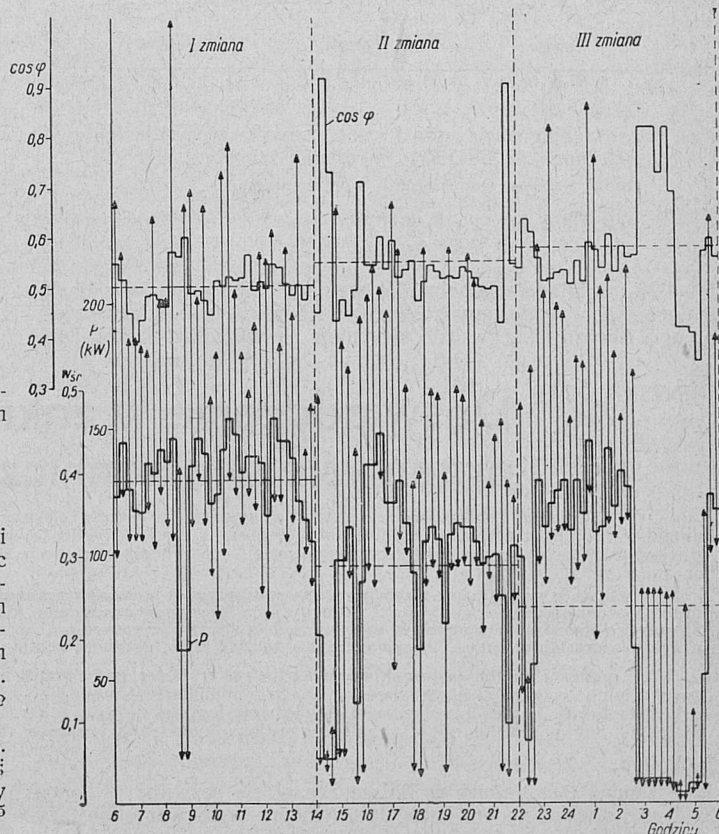
**Przewietrzanie kopalni.** Wentylatory kopalniane nie stanowią poważnej pozycji pod względem zużycia energii. Do napędu wentylatorów głównych przeważnie wystarczają silniki średniej mocy. Przy większych jednostkach spotyka się sil-



Rys. 15. Przebieg współczynnika mocy oraz obciążenia sortowni o mocy zainstalowanej 590 kW (27-28.IV.52)

Średni dobowy współczynnik wyzyskania  $w_{\text{sr dob}} = 0,31$

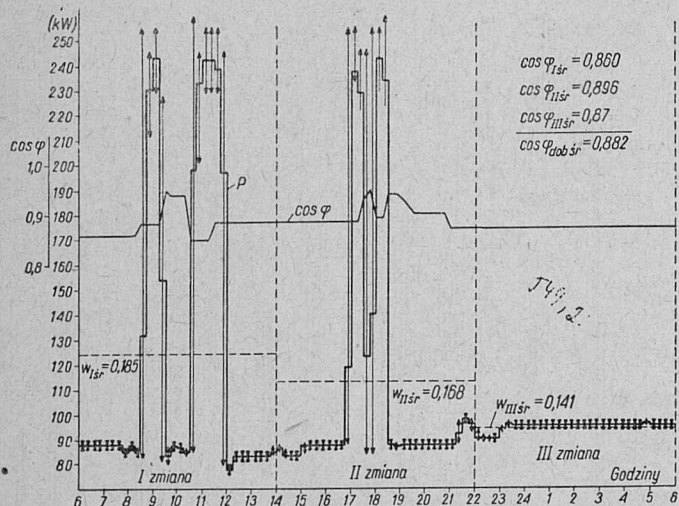
Współczynnik mocy:  $\cos \varphi_{\text{I sr}} = 0,7$ ;  $\cos \varphi_{\text{II sr}} = 0,69$ ;  $\cos \varphi_{\text{III sr}} = 0,67$   
 $\cos \varphi_{\text{dob sr}} = 0,686$



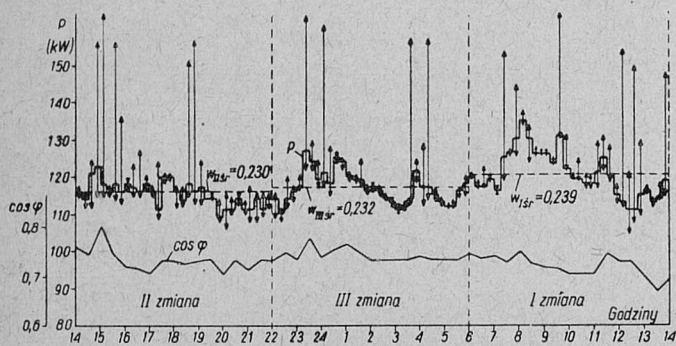
Rys. 16. Przebieg dobowego obciążenia i współczynnika mocy sortowni o mocy zainstalowanej 330 kW (22-23.XI.52)

niki synchroniczne. Pracując w sposób ciągły przy bardzo małych wahanach obciążenia wpływają one raczej dodatnio na średnią miesięczną wartość współczynnika mocy.

Warsztaty kopalniane. Moce zainstalowane oraz zużycie energii w warsztatach kopalnianych stanowią zaledwie



Rys. 17. Przebieg poboru mocy i współczynnika mocy dla urządzenia podsadzowego (18-19.VII.52); moc zainstalowana 670 kW  
Średni dobowy współczynnik wyzyskania  $w_{\text{dob sr}} = 0,165$



Rys. 18. Przebieg obciążenia i współczynnika mocy dla kotłowni kopalnianej (2-3.VII.52); moc zainstalowana 500 kW

Średni dobowy współczynnik wyzyskania  $w_{\text{dob sr}} = 0,233$

Współczynnik mocy:  $\cos \varphi_{I \text{ sr}} = 0,732$ ;  $\cos \varphi_{II \text{ sr}} = 0,739$ ;  $\cos \varphi_{III \text{ sr}} = 0,724$   
 $\cos \varphi_{\text{dob sr}} = 0,731$

1 — 2% w bilansie kopalni. Ze względu jednak na dużą liczbę małych słabo wyzyskanych silników ich współczynnik mocy jest na ogół bardzo niski i często utrzymuje się w granicach 0,5 — 0,6.

Urządzenia podsadzkowe. Moce zainstalowane w urządzeniach podsadzowych są dość poważne, jednakże ze względu na mały czas wyzyskania poszczególnych urządzeń pobór energii w nich wynosi w ogólnym bilansie kopalni około 2%. Na rys. 17 pokazane są wahania obciążenia i współczynnika mocy urządzenia podsadzowego kopalni K, gdzie moc zainstalowana wynosi ok. 670 kW. Jak widać, średni współczynnik mocy jest — ze względu na właściwy dobór silników napędowych do pomp i monitora — wysoki i osiąga przeciętną dobową wartość 0,88.

Kotłownia. Przebieg zmian współczynnika mocy dla kotłowni elektrowni kopalnianej K jest podany na rys. 18. Moc zainstalowana w tej kotłowni wynosi 500 kW. Oprócz głównych pomp zasilających są to małe odbiory, jednakże ze względu na właściwy ich dobór dają one dość wysoki średni dobowy współczynnik mocy 0,731 przy bardzo nieznacznych wahanach.

Inne odbiory na kopalniach. Innych odbiorów kopalnianych, jak np. płuczki, brykietownie, koksownie, cegielnie, tartaki, osiedla mieszkaniowe itp., nie analizujemy tu, ponieważ nie należą one do typowych odbiorów kopalnianych.

Sieć kablowa. Duży wpływ na wielkości średniego miesięcznego współczynnika mocy mają linie kablowe, które na dole kopalni znajdują się stale pod napięciem. Należy zaznaczyć, że długości linii kablowych w sieciach kopalnianych pod ziemią są znaczne i osiągają nieraz dziesiątki kilometrów (kable i przewody oponowe).

Wpływ nowoczesnych metod organizacji produkcji. Przebieg nasilenia produkcji wpływa w poważnym stopniu również i na kształtowanie się przebiegu dobowego, miesięcznego i rocznego współczynnika mocy. Wprowadzenie nowoczesnych zasad organizacji pracy na dole kopalni, a w szczególności rytmiczności w produkcji, pozwala na lepsze wyzyskanie urządzeń napędowych, a tym samym na wzrost średniego współczynnika mocy. Daje się to stwierdzić na tej części kopalni, gdzie współczynnik mocy w miesiącu styczniu był znacznie wyższy niż w ubiegłych miesiącach.

Należy tu podkreślić, że rytmiczność pracy polega na utrzymaniu nieprzerwanego toku procesu produkcyjnego, nie zaś na utrzymaniu w ruchu urządzeń nawet wtedy, kiedy nie pracują lub są mało obciążone, gdyż wpłynęłoby to raczej niekorzystnie na średni współczynnik mocy.

## 7. Wnioski.

a) Celowe i świadome prowadzenie i stałe ulepszanie gospodarki energetycznej w kopalniach podległych Ministerstwu Górnicztwa daje stały i konsekwentny wzrost i tak już wyższy niż w innych gałęziach gospodarki narodowej współczynnika mocy.

b) Każde dalsze podwyższenie współczynnika mocy wymaga daleko idących usprawnień organizacyjnych i pełniejszego wyzyskania istniejących rezerw mocy biernej na niektórych kopalniach w postaci pracujących przy niewłaściwym wzbudzeniu silników synchronicznych, przetwornic jednotwornikowych itp.

c) Niski współczynnik mocy można obserwować na kopalni głównie w maszynach wyciągowych, w sortowniach, w oddziałach dolowych, warsztatach kopalnianych; spowodowane to jest głównie niewyzyskaniem asynchronicznych silników napędowych; w wielu przypadkach można ten stan znacznie polepszyć przez wymianę zbyt wielkich silników na mniejsze.

d) Wprowadzenie właściwie pojętej zasady rytmiczności pracy musi korzystnie odbić się na polepszeniu gospodarczych współczynników wyzyskania urządzeń energetycznych.

PIJEWSKI JÓZEF

# Doświadczenie w zakresie poprawy cos fi w polskim przemyśle włókienniczym (bawełnianym)

621.316.727:677

**Treść:** Zagadnienie ekonomicznej gospodarki energią elektryczną w przemyśle bawełnianym. Analiza pracy poszczególnych oddziałów produkcyjnych na tle obecnej sytuacji napędów elektrycznych. Trudności w prowadzeniu właściwej gospodarki elektrycznej, wynikające z charakterystyk poszczególnych procesów technologicznych i maszyn produkcyjnych. Wnioski końcowe, zmierzające do poprawy sytuacji w zakresie współczynnika mocy.

**Опыт в улучшении коэффициента мощности в польской текстильной (хлопчатобумажной) промышленности.** Вопросы экономического использования электрической энергии в хлопчатобумажной промышленности. Анализ работы производственных цехов на фоне нынешнего положения электрического привода. Трудности в ведении надлежащего электрического хозяйства, как следствие характеристик отдельных технологических процессов и производственных машин. Заключительные предложения, имеющие целью улучшить нынешнее положение вещей в области коэффициента мощности.

**Experience in the matter of improving the power factor in the Polish textile industry (cotton).** The problem of economic electric power management in the cotton industry. Operation analysis of individual production departments in the light of the present situation of electric drives. Difficulties met with in the introduction of the correct form of electric power management resulting from the peculiarities of individual technological processes and production plant. Final suggestions intended to improve the situation as regards the power factor.

## 1. Wstęp.

Przemysł bawełniany w Polsce zaczął się rozwijać w końcu XIX w. i pod względem energetycznym przeszedł wszystkie fazy rozwijającej się równolegle techniki: pierwotne maszyny parowe z pędniami linowymi zastąpiono napędami zespołowymi, gdzie główne pędnie napędzono silnikami dużej mocy

(200 — 250 kW) przeważnie wysokiego napięcia z uwagi na prostotę urządzeń oraz koszty. Dalszym etapem postępu technicznego było rozczłonkowanie napędu przez stosowanie napędów grupowych, gdzie każda pędnia miała swój napęd; umożliwiała to wyłączenie silników napędowych w oddziałach niepracujących. Ostatnim etapem było przejście do napędu



indywidualnego, gdzie każda maszyna ma swój własny silnik.

Równolegle ulegały zmianom urządzenia rozdzielcze. Początkowo rozdzielnie wysokiego napięcia (nawet bez transformatorów, gdyż do oświetlenia stosowano gaz) uzupełniono stacjami transformatorowymi z zastosowaniem silników średniej mocy na napięcia 120 — 500 V. Wprowadzono transformatory oświetleniowe na 120 V. Początkowe napięcie silników 120 V podwyższono do 220 V, a później do 380 V.

Na zagadnienie współczynnika mocy długo nie zwracano specjalnej uwagi. Nawet ówczesne taryfy na energię elektryczną prawie go nie uwzględniały. Dopiero po drugiej wojnie światowej ze zmianą warunków społecznych i ekonomicznych w Polsce Ludowej wysunęła się sprawa  $\cos \varphi$  jako jeden z czołowych problemów. Nie tylko nie znana jest dziś w zakładach włókienniczych przedwojenna praca przemysłu po 2 lub 3 dni w tygodniu, ale obecnie planuje się już pracę 3-zmianową. Buduje się nowe kombinaty włókiennicze, zachodzi konieczność modernizacji istniejącego parku maszynowego dla podniesienia wydajności, a więc i produkcji.

Konieczność dogłębnej analizy zagadnienia współczynnika mocy wynika m. in. stąd, że nasz przemysł energetyczny nie jest jeszcze dostosowany do zaspokajania żywiołowo narastających w kraju potrzeb. Do tego dochodzą: 1) rozrzutność w gospodarowaniu mocą elektryczną przez zbyt powierzchowne analizowanie, a częściej jednak nieinteresowanie się wynikami analizy procesu technologicznego na pobór mocy w czasie; stwarza to poważne szczyty obciążeń w pewnych godzinach i powoduje konieczność wyłączeń; 2) brak analizy gospodarki mocą bierną w zakładach pracy, a więc szukania przyczyn niskiego współczynnika mocy. W wyniku takiego stanu rzeczy prądnice nie są w pełni wykorzystane, linie zasilające są przeciążone, a bronimy się przed tymi zjawiskami obniżaniem napięcia i częstotliwości, a nawet wyłączeniami.

Stąd wypływa ważność zagadnienia gospodarki mocą bierną w przemyśle włókienniczym, a przede wszystkim bawełnianym ze względu na jego wielkość. W najogólniejszym ujęciu przemysł ten dzieli się na trzy zasadnicze czony: przędzalnię, tkalnię i wykończalnię.

2. Przędzalnie bawełny.

W zależności od stosowanego włókna oraz asortymentu produkowanej przędzy rozróżniamy: a) przędzalnię odpadkową, b) przędzalnię średnioprzędne oraz c) przędzalnię cienkoprzedne.

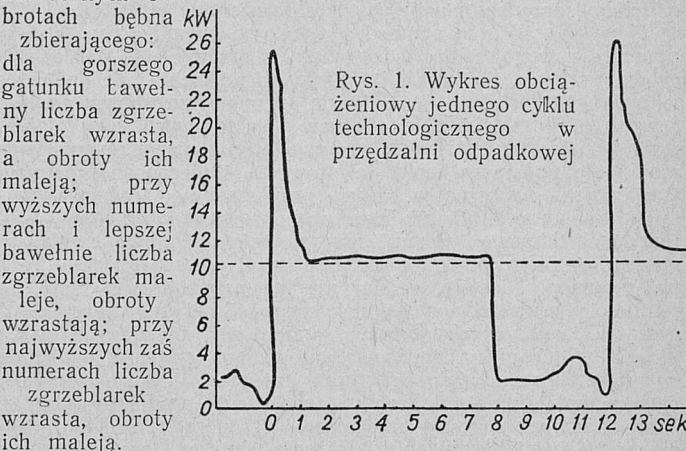
a) W przędzalniach odpadkowych przerabiamy włókno już używane i szarpane ze szmat wszelkiego rodzaju oraz odpadki z przędzalni średnio — i cienkoprzednych, jako włókno wiążące. Numeracja produkowanej przędzy w przędzalniach odpadkowych dochodzi do nr 16. W zależności od przerabianego włókna i stosowanych mieszanek stosunkowa wielkość oddziału szarpalni i czyszczalni bywa różna; ma to duży wpływ na pobór mocy, względnie dobór silników, które zawsze dobiera się do najgorszych warunków pracy, a więc których nigdy nie wykorzystuje się w pełni. Sam proces przedzenia, który odbywa się w dwóch następnych oddziałach produkcyjnych, nie stwarza już tak poważnych różnic, lecz ma pewne cechy charakterystyczne. W oddziale przygotowawczym potrójne zespoły zgrzebne pracują — w zależności od produkowanej numeracji przędzy — na różnych obrotach, co jest połączone ze zmiennym zapotrzebowaniem mocy do ich napędu. Tu właśnie silniki są z zasady przewymiarowane i nie wykorzystane w pełni. Oddział właściwej przędzalni odpadkowej stanowi samoprząśnicie wózkowe. Wykres jednego cyklu technologicznego jest bardzo charakterystyczny, a amplituda obciążenia waha się w stosunku do średniego zapotrzebowania mocy w dużych granicach, co powoduje bardzo nierównomierne wykorzystanie silnika napędowego (rys. 1).

Nieco lepiej przedstawia się sprawa, jeżeli weźmiemy pod uwagę, że większość samoprząśnic jest napędzana silnikami grupowymi, dzięki czemu nierównomierność obciążeń kompensują się wobec niejednoczesności występowania szczytów (niejednoczesny wyjazd wózka). Dawniej stosowano do napędu samoprząśnic silnik asynchroniczny z wbudowanym kołem zamachowym do wyrównywania szczytów i dolin obciążenia, sposób ten jest jednak rzadko stosowany w przemyśle. Ostatnio produkowane samoprząsnice mają dwa silniki napędowe: jeden napędza wóz oraz powoduje wyciąg i skręt, drugi — nawraca wóz do stanu wyjściowego i nakręca gotową przędzę na kopkę. Niestety, zbadanie to nie jest jeszcze dokładnie zbadane w przemyśle i nie wiadomo, jakie zalety czy wady ma ten rodzaj napędu. Dla przędzalni odpadkowych obserwujemy wahania średniego współczynnika mocy w granicach od 0,54 do 0,69, średnio 0,59. Współczynnik wykorzystania urządzeń elek-

trycznych  $K$  waha się od 0,4 do 0,69, średnio wynosi 0,58.

b) Przędzalnie średnioprzędne, najliczniejsze w przemyśle bawełnianym, przerabiają włókno średniej długości i produkują przędzę o numerach 16 — 62. Dzieli się one z uwagi na proces technologiczny na następujące oddziały produkcyjne: oddział wstępny, w którym włókno jest rozluźniane i przygotowane do właściwego procesu przedzenia; oddział przygotowawczy, w którym włóknu uporządkowanemu daje się lekki skręt i wyciąg (osiąga się „niedoprzęd”); oddział właściwej przędzalni, tj. oddział samoprząśnic obrączkowych, które dają przędzę pojedynczą o żądanej numeracji; oddział skręcalni (często zaliczany do tkalni), dostarczający przędzę dla tkalni lub do innych celów (np. dziewiarstwo, artykuły techniczne).

Oddział wstępny spełnia w pewnym sensie rolę oddziałów szarpalni w przędzalniach odpadkowych. Tu bawełnę z bel rozбивa się na swobodne włókna w szeregu maszyn (otwieracz bel, klepaki, Crighton itp.), a następnie transportuje do zasieków w celu spulchnienia i do zgrzeblarek, które układają włókna równolegle i oczyszczają je z wszelkich zanieczyszczeń. Zgrzeblarki pracują na różnych o-



Z powyższego obrazu wynika, że silniki napędowe muszą być dostosowane do różnych warunków pracy, a zatem nigdy nie mogą być właściwie dobrane i wykorzystane. Z reguły zawsze dobiera się je z zapasem, czego również wymaga ciężki rozruch zgrzeblarki i różnice w ich obrotach. W rezultacie moc ogólna waha się w dość dużych granicach, co utrudnia dobór właściwych jednostek transformatorowych.

Na oddział właściwej przędzalni (oddział samoprząśnic obrączkowych) przypada główny pobór mocy elektrycznej. Tu występują największe wahania obciążeń, wynikające z procesu technologicznego: w zależności od numeru przędzy liczba obrotów wrzecion waha się w granicach od 5000 do 10000 na minutę. W przybliżeniu można przyjąć, że pobór mocy jest proporcjonalny do liczby obrotów, co niezupełnie odpowiada rzeczywistości, gdyż przy większych obrotach opory wzrastają, jak potwierdza następująca tablica:

|                             |      |      |      |      |      |
|-----------------------------|------|------|------|------|------|
| liczba obrotów na 1 min.:   | 6000 | 7000 | 8000 | 8500 | 9000 |
| liczba wrzecion na 1 k. m.: | 120  | 100  | 90   | 80   | 70   |

Ponieważ na sam proces przedzenia idzie stosunkowo mała moc (około 25%), ogromną rolę odgrywa tu stan maszyn, tzn. jej konserwacja i remont. Te czynniki wywierają ogromny wpływ na pobór mocy, a więc i wykorzystanie silników napędowych. Dokonane pomiary obciążenia maszyn obrączkowych wykazały niezbicie, że przy właściwej konserwacji maszyn można osiągnąć oszczędności w poborze mocy w granicach 8 — 10%. Niestety, poziom pracowników konserwujących maszyny jest bardzo niski, remonty wykonywane są niedbale lub z braku części zamiennych powierzchownie; podnosi to pobór mocy i doprowadza do przeciążenia silników. Nierozumienie tego zagadnienia przez kierownictwo produkcyjne, któremu podlegają brygady konserwacyjne, dużo szkodzi sprawie. Konieczne więc są zarządzenia i instrukcje, które by poprawiły ten stan rzeczy. Osiągnię się wtedy obniżenie poboru mocy rzędu kilku megawatów.

Przełącz poszczególnych napędów stosowanych w przemyśle bawełnianym przy uwzględnieniu zarówno procesu technologicznego, jak i strony elektrycznej, pozwoli zdać sobie sprawę, gdzie kryją się przyczyny niskiego współczynnika mocy.

Napęd zespołowy lub grupowy przy silnikach o mocy 40 do 250 kW. Napęd ten ma następujące wady z punktu widzenia procesu technologicznego: 1) niezmienn-



ność obrotów zarówno przy tworzeniu podstawy kopki i w dalszym procesie przedzenia, 2) niemożność utrzymania jednakowych obrotów na wszystkich maszynach wobec poślizgu pasów. Wady z punktu widzenia energetyka są następujące: 1) zwiększenie poboru mocy, potrzebnej na kręcenie ciężkiej i długiej pędni: przeciętnie można przyjąć, że waha się ono od 5 do 20% w zależności od wielkości sali oraz liczby napędzanych maszyn, jak również od stanu pędni — łożysk; 2) niewłaściwe wyzyskanie mocy silnika wskutek zmian numeracji przędzy oraz postojów technologicznych maszyn obrabkowych (obciążanie maćki itp.) i postojów organizacyjnych (nieobecność prządek).

Wszystkie przytoczone względy dyskwalifikują właściwie napęd zespołowy; potwierdziła to praktyka przez likwidację tego napędu. Niestety, w naszym przemyśle jeszcze dużo przedziałni z niego korzysta i potrwa to jeszcze dłuższy czas, aczkolwiek polityka CZPB zmierza do likwidacji tego napędu. Jedyną jego cechą dodatnią z punktu widzenia elektrycznego jest to, że współczynnik mocy jest tu wysoki: dla silników większych mocy o 6 biegunach waha się w granicach 0,86 — 0,88. Trzeba jednak zaznaczyć, że przy niedociążeniach współczynnik ten gwałtownie spada; bywa to bardzo często podczas trzeciej zmiany, kiedy z uwagi na synchronizację możliwości przelotowych poszczególnych oddziałów przedziałni nie wszystkie obraczniki pracują.

Napęd silnikami kolektorowymi. Ten rodzaj napędu — swego czasu bardzo modny w przemyśle — dzisiaj wychodzi z użycia, ponieważ, jak praktyka wykazała, nie dał przewidywanych korzyści. Zasadniczym argumentem, którym się kierowano przy instalowaniu silników kolektorowych, była zmienność obrotów tak istotna dla procesu technologicznego przy tworzeniu się podstawy kopki, jak również konieczność uzyskania jednakowych naprężeń w balonie przy zmiennej średnicy nawijania. Razem z silnikami instalowano również regulatory obrotów, uzależnione od ruchu stołu; zadaniem ich była ciągła regulacja obrotów silnika w zależności od potrzeb procesu technologicznego. Niestety, dzisiaj nie ma przedziałni, w której te regulatory pracowałyby, wskutek czego silniki kolektorowe pracują na jednakowych obrotach, najczęściej obniżanych przez prądkę z uwagi na zrywność, co pociąga za sobą obniżanie współczynnika mocy (do 0,4) oraz przegrzewanie się wirników wobec zmniejszenia chłodzenia i zwiększenia prądów w wirniku. Kierownictwo przemysłu przedsięwzięło różnorodne środki zaradcze w celu uniemożliwienia obniżania obrotów, lecz dotychczas bezskutecznie. Pociągnęło to za sobą ujemne następstwa: 1) obniżenie produkcji o  $\infty$  10%, 2) podwyższenie kosztów eksploatacji wobec obowiązującej taryfy na energię elektryczną, 3) konieczność utrzymania większych jednostek transformatorowych. Ponieważ ok. 30% wrzecion napędzamy silnikami kolektorowymi, sprawa stanowczo wymaga poprawy.

Napęd silnikami asynchronicznymi z wartymi jednobiegowymi. Ten rodzaj napędu ma podobne cechy, jak napęd zespołowy, lecz jest dużo ekonomiczniejszy z punktu widzenia eksploatacji ze względu na możliwość wyłączenia maszyn nieczynnych oraz prostotę obsługi i instalacji. Jest on propagowany przez najpoważniejsze firmy budowy maszyn przedziałniczych. Należy tu zwrócić uwagę na konstrukcję silnika, który powinien mieć bardzo łagodny rozruch, jak to wynika z procesu technologicznego (zrywność przy rozruchu). Firma Ritter stosuje — jako jeszcze jedno ulepszenie — koła pasowe 2-stopniowe, dzięki czemu można osiągać różne obroty wrzecion (wolniejsze przy tworzeniu się kopki i szybsze w dalszym ciągu przedzenia). Modyfikacja ta ma z punktu widzenia procesu technologicznego te same zalety, co silnik 2-biegowy, lecz wyzyskanie silnika jest tu mniejsze przy mniejszych obrotach, a zatem średni współczynnik mocy jest mniejszy. Średni współczynnik mocy przy silnikach jednobiegowych w ogóle jest dużo wyższy, niż przy silnikach kolektorowych bez regulacji, jak to jest w naszych warunkach.

Napęd silnikami asynchronicznymi z wartymi 2-biegowymi. Po wojnie CZPB przystąpił, jak już wspomniano, do instalowania napędów indywidualnych w przedziałniach, w związku z czym wyloniła się konieczność opracowania najbardziej odpowiedniego silnika dla napędu maszyn obrabkowych. Pracę tę zlecono prof. Pelczewskiemu, który — po bardzo szczegółowej obserwacji procesu technologicznego obracznika — opracował silnik asynchroniczny zwarty dwuuzwojennowy (4- i 6-biegowy). Silnik ten ma urządzenie, rozpraszające strumień, co powoduje bardzo łagodny rozruch. Moc omawianego silnika wynosi 4,4/6,6 kW. Wobec zalet tego silnika przemysł bawelniany zabiegał o uruchomienie produkcji powyższych silników przez przemysł krajowy i obecnie otrzymujemy już silniki 2-biegowe.

Eksploatacja powyższego silnika przedstawia się jak następuje: w pierwszej fazie, tj. przy tworzeniu podstawy kopki silnik pracuje na obrotach wolniejszych (1000 obr./min.), po jej

utworzeniu przełącza się go na obroty większe (1500 obr./min.). Jest to według oceny wybitnych przedziałników najlepszy sposób napędu obraczników. Niestety, wprowadzenie go w szerszym zakresie w naszym przemyśle napotyka duże trudności natury finansowej i materiałowej. Jest on bowiem droższy od zwykłego silnika jednobiegowego, a poza tym wyposażenie również jest droższe, gdyż wymaga podwójnych wyłączników samoczynnych (dla każdego uzwojenia). Toteż te silniki stosujemy wyłącznie do nowych obiektów lub w tych przedziałniach, w których występuje specjalna po temu konieczność. Współczynnik mocy dla przedziałni, napędzanych tymi silnikami, jest wysoki i przy dobrz dobranych transformatorach nawet przekracza 0,8.

c) Przedziałnie cienkoprzędne podobne są zasadniczo do przedziałni średnioprzędnych, lecz różnią się od nich dużo większym oddziałem przygotowawczym (liczbą zgrzeblarek, czesarek, liczbą łączniarek oraz wrzecienicami wtórnymi). W tych przedziałniach numer przedzenia jest wyższy od 62, toteż ich pobór mocy jest większy, niż przedziałni średnioprzędnych. Co do napędów należy stwierdzić, że zagadnienia poruszane przy omawianiu przedziałni średnioprzędnych występują i tu, jednak w ogólnym bilansie nie odgrywają tak poważnej roli, jak w przedziałniach średnioprzędnych, gdyż przedziałnie cienkoprzędnych jest mniej.

Należy jeszcze nadmienić, że w przedziałniach średnioprzędnych współczynnik mocy waha się od 0,6 do 0,81 i średnio wynosi 0,685, współczynnik zaś wyzyskania  $K$  waha się od 0,51 do 0,72 i średnio wynosi 0,63. Odpowiednie cyfry dla przedziałni cienkoprzędnych wynoszą: współczynnik mocy od 0,60 do 0,79, średnio 0,68, współczynnik  $K$  od 0,5 do 0,76, średnio 0,61.

### 3. Tkalnie.

Tkalnie można podzielić na 4 rodzaje: 1) tkalnie z krosnami mechanicznymi — bez żadnej automatyzacji, 2) tkalnie kolorowe z krosnami rewolwerowymi, 3) tkalnie żakardowe oraz 4) tkalnie z krosnami automatycznymi.

Z punktu widzenia przebiegu procesu technologicznego tkalnie dzielimy na następujące oddziały produkcyjne: a) przewijalnia (oddział często zaliczany do przedziałni), b) snownia c) krochmalarnia, d) przewlekalnia, e) tkalnia właściwa tzn. krosna.

Przewijalnia. Ten oddział omówiono już wyżej. Tu należy jednak zwrócić uwagę na to, że z powodów technologicznych nie zawsze wszystkie maszyny pracują, ponieważ zaś pobór mocy skłerek jest dosyć duży (rzędu 12 kW), powstaje duża nierównomierność w wyzyskaniu transformatorów.

Snownia. Z uwagi na rodzaj maszyn snownicznych — stożkowych i zespołowych w zależności od budowy — dzielimy je na wolnobieżne i szybkobieżne samoczynne. Przy snowniach stożkowych stosuje się napęd indywidualny silnikami jednobiegowymi. Przy tym pobór mocy uzależniony jest od szerokości osnowy, a zatem ilością poszczególnych nitów osnowy, tutaj bowiem zużycie mocy jest — ze względu na sam proces technologiczny — dużo większe niż w przedziałniach. Toteż i tutaj współczynnik wyzyskania silnika jest zmienny, przy czym silnik często pracuje luzem, np. przy wiązaniu zerwanych nitów; pociąga to za sobą duże obniżanie ogólnego współczynnika mocy. Przy snowniach szybkobieżnych, wprowadzanych u nas obecnie coraz częściej, stosuje się silniki 3-biegowe, podobne do konstrukcji silników 2-biegowych stosowanych w przedziałniach. Tu też nie ma specjalnych przyczyn obniżania współczynnika mocy.

Krochmalarnia. Napęd najczęściej stosowany przy krochmalarkach to silnik asynchroniczny zwarty z przekładnią stożkową do osiągnięcia zmiennej liczby obrotów maszyny. Pociąga to za sobą zmienność obciążenia silnika, a zatem i zmienność współczynnika mocy. Niestety, nie tutaj nie da się zmienić wobec samego charakteru procesu technologicznego. Nierytmicność pracy tego oddziału powoduje ogólną zmienność obciążenia całego oddziału, a więc i zmienność obciążenia transformatorów. Wszystkie omówione oddziały tkalni nie mają jednak zasadniczego wpływu na współczynnik mocy wobec stosunkowo małej mocy zainstalowanej.

Tkalnia właściwa tj. krosna. Tu napęd zespołowy, jak w przedziałniach, ma duże wady z punktu widzenia zarówno produkcji, jak i energetyki. Dla produkcji jest niedogodny z trzech względów: 1) zmienność obrotów na poszczególnych krosnach wskutek poślizgu pasów, 2) zaciemnianie sal przez nagromadzenie pasów i transmisji, 3) duże koszty eksploatacyjne związane z konserwacją i wymianą pasów oraz konserwacja pędni (smarownicy) wymiana łożysk, itp.

Dla energetyka napęd zespołowy jest również niekorzystny ze względu na zwiększony pobór mocy na pracę pędni (łożyska, samosmary) oraz ze względu na zmienność obciążenia, wyni-



kającą z procesu technologicznego tkalni (częste postoje krosien ze względu na zrywanie się nitów osnowy czy też wymianę wątku). Toteż polityka CZPB dąży do stopniowej likwidacji tego napędu i przejścia na napęd grupowy, tj. na pędnie obsługujące do 40 krosien. Sposób ten, choć ma te same wady, co zespołowy, jest w eksploatacji korzystniejszy, gdyż wyzyskanie silników jest tu lepsze, a wymiana ich łatwiejsza. Ze względu na współczynnik mocy jest to sposób może nawet najdogodniejszy, lecz w nim bezwzględnie wymaga jeszcze opracowania samo mechaniczne sprzężenie z krosnem, sprawa ta bowiem nie jest dotychczas właściwie rozwiązana i stanowi wdzięczny temat pracy dla katedry napędów w Politechnice Łódzkiej. Przemysł bawełniany gotów jest okazać wszelką pomoc w tej sprawie.

Napęd indywidualny. Moc, potrzebna do napędu w krosnach, wynosi w zależności od szerokości i przeznaczenia od 0,3 do 3 kW. W przemyśle bawełnianym zakres ten jest dużo większy i wynosi od 0,3 do 1,1 kW. Wielkość stosowanych silników jest przyczyną tego, że naturalny  $\cos \varphi$  jest niski, wynosząc w obecnie produkowanych silnikach często poniżej 0,5. Konieczne jest zwrócenie szczególnej uwagi na tę sprawę i rozwiązanie jej przez poprawienie produkcji silników, jak również wprowadzenie sztucznej kompensacji. Jest to tym ważniejsze, że co najmniej 50% krosien ma — zgodnie z założeniami modernizacji przemysłu — ulec wymianie na automatyczne, a więc mające napęd indywidualny. Będzie to wymagać dostarczenia dużej (kilkanaście MVar) mocy biernej lub instalowania dużych i zbędnych co do wielkości mocy transformatorów.

Dla tkalni obserwujemy średni współczynnik mocy w granicach 0,57 do 0,71, średnio 0,68, oraz współczynnik wyzyskania  $K$ , który waha się w granicach 0,4—0,84, średnio wynosi 0,62.

#### 4. Wykończalnie.

Wykończalnia jest najbardziej zróżnicowanym pod względem technologicznym działem produkcyjnym. Wyróżniamy w niej kilka zasadniczych oddziałów: 1) farbiarnia luźnego włókna (przeważnie instalowana przy przedsiębiorstwach odpadkowych), 2) farbiarnia przędzy (przeważnie instalowana przy tkalniach kolorowych), 3) farbiarnia sztuk, 4) bielnik, 5) drukarnia, 6) apretura, 7) draparnia, 8) składalnica. Z uwagi na bardzo szeroki zakres asortymentu tkanin gotowych ustalenie tu jakiegoś określonego cyklu produkcyjnego, jak w przedsiębiorstwach czy tkalniach, jest niemożliwe i to właśnie stwarza dla elektryka duże trudności we właściwej gospodarce mocą i energią elektryczną. Zastosowanie tutaj napędów zespołowych czy grupowych bezwzględnie nie może być zalecone.

Najsluszniejszym i najekonomiczniejszym napędem jest napęd indywidualny. Moc ogólna zainstalowanych silników w wykończalni jest — w stosunku do mocy pobieranej średnio przez ten dział produkcyjny — niepomiarne duża, tzn. współczynnik wyzyskania jest mały. Oczywiście, poszczególne wykończalnie nie

Podobna sytuacja jest w oddziale apretury przy suszarkach i poszerzarkach ramowych. Konieczna tu zmienność szybkości przelotu wykańczonego materiału w zależności od jego asortymentu powoduje zmienność obciążenia silników napędowych w dużych granicach. Dla wykończalni średni  $\cos \varphi$  waha się od 0,46 do 0,76, średnio wynosi 0,59; współczynnik  $K$  waha się od 0,27 do 0,6 i wynosi średnio 0,44.

#### 5. Wnioski.

Dla całego przemysłu bawełnianego średni  $\cos \varphi$  wynosi 0,668, średni współczynnik wyzyskania  $K = 0,52$  — przy średniej mocy silnika napędowego 4,9 kW.

Tablica I

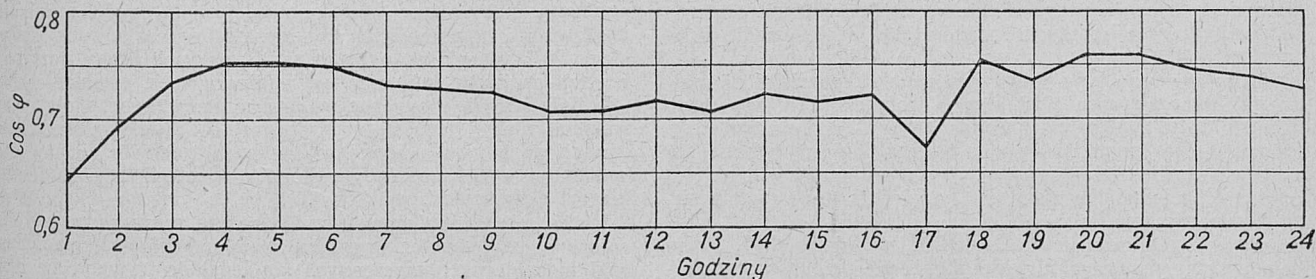
| Okres sprawozdawczy | Stosunek energii pobranej w okresie sprawozdawczym do rocznej (%) | Stosunek opłat za $\cos \varphi$ do opłat za moc czynną (%) | Stosunek opłat za $\cos \varphi$ do opłat całkowitych (%) |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| I kwartał           | 24,0                                                              | 29,5                                                        | 17,16                                                     |
| II „                | 23,4                                                              | 37,2                                                        | 20,2                                                      |
| III „               | 24,2                                                              | 37,9                                                        | 19,9                                                      |
| IV „                | 28,4                                                              | 29,0                                                        | 16,15                                                     |

Najważniejszym działem produkcyjnym, na który należy zwrócić szczególną uwagę, są przedsiębiorstwa średnio- i cienkoprzędne, przypada bowiem na nie łącznie 49% całej mocy zainstalowanej oraz 58% mocy zapotrzebowanej. Obliczenia wskazują, że moc bierna potrzebna do skompensowania  $\cos \varphi$  do 0,8 wynosi 48% całkowitej mocy biernej, potrzebnej dla przemysłu bawełnianego. Jeżeli weźmiemy pod uwagę wielką dowolność wprowadzenia instalacji niskiego napięcia, nie uwzględniającą zasilania poszczególnych oddziałów produkcyjnych, oraz wielkość transformatorów (400 do 100 kVA), jak i sposób ich eksploatacji, to dojdziemy do następujących wniosków.

1) Przy modernizacji przemysłu bawełnianego należy dążyć do ustalenia numeracji przedzenia dla poszczególnych przedsiębiorstw (do tzw. typizacji) w celu zmniejszenia wahań w poborze mocy, co w konsekwencji umożliwi właściwy dobór silników i zwiększy ich wyzyskanie, a tym samym podniesienie  $\cos \varphi$ .

2) Należy zsynchronizować procesy technologiczne poszczególnych oddziałów produkcyjnych i zamykać je w całkowitych zmianach, co umożliwi właściwy dobór jednostek transformatorowych i zwiększy ich współczynnik wyzyskania, a więc i gospodarność.

3) Należy zwrócić uwagę projektantów na omówione wyżej zagadnienia — przy opracowaniu elektryfikacji zakładów zwią-



Rys. 2. Wykres współczynnika mocy w ZPB im. Dzierżyńskiego w Łodzi z dn. 18.3.1953 r. po przegrupowaniu silników i dopasowaniu ich do potrzeb produkcyjnych

mają wszystkich wyżej wymienionych oddziałów, lecz to nie poprawia bardzo sytuacji ze względu na różnorodność produkcji.

Analizując pracę, w poszczególnych oddziałach, widzimy, że cechuje ją nierytmiczność, wywołana zarówno samym procesem technologicznym (poszczególne cykle produkcyjne trwają kilka godzin), jak i ogromną przelotnością samych maszyn przy jednoczesnym niesynchronizowaniu ich na poszczególnych maszynach. Powoduje to duże skoki w zapotrzebowaniu mocy, a zatem niejednostajność obciążenia transformatorów.

Należy tu zwrócić uwagę na pewną zasadniczą cechę procesu technologicznego, a mianowicie na konieczność sprawdzania, próbowania, czy towar jest właściwie wykańczany; szczególnie istotne to jest w drukarniach wielokolorowych. Prędkość maszyny musi tu zmieniać się w szerokich granicach, wskutek czego w drukarniach stosujemy zarówno silniki prądu stałego ze zmienną liczbą obrotów (prostownik — dzielnik napięcia — sieć 5-cio-przewodowa), jak i silniki kolektorowe o mocy 13 — 23 kW.

zanej z modernizacją — w zakresie projektowania zarówno instalacji niskiego napięcia, jak i rozdzielni niskiego napięcia, oraz właściwego doboru transformatorów i ustalenia ich typowej mocy dla każdego działu czy oddziału produkcyjnego.

4) Należy przegrupować silniki zespołowe i grupowe oraz transformatory w skali całego przemysłu w założeniu dopasowania ich wielkości do rzeczywistych i aktualnych potrzeb.

5) Należy pilnować, żeby zarówno silniki zespołowe i grupowe, jak i transformatory nie pracowały niedociążone.

Zrealizowanie tych wniosków musi dać poprawę sytuacji w dziedzinie współczynnika mocy. Żeby jednak sprawa miała realne możliwości wykonania, trzeba sobie zdać sprawę z następujących okoliczności.

Średni współczynnik mocy, obliczany ze wskazań miesięcznych liczników mocy biernej i czynnej, nie daje właściwej jego wartości w momentach szczytowego obciążenia zarówno elektrowni, jak i sieci energetyki zawodowej; w tych okresach  $\cos \varphi$  jest

napewno wyższy, lecz sprawa ta wiąże się bardzo poważnie z kosztami energii elektrycznej. Analiza kosztów energii wskazuje, że opłaty za współczynnik mocy niższy od 0,8 wynoszą w roku 1952 33,5% kosztów za energię czynną i stanowią 18,45% całkowitych kosztów energii elektrycznej w skali całego przemysłu.

Warto jeszcze zwrócić uwagę na kształtowanie się opłat za  $\cos \varphi$  w ciągu roku (tabl. I). Stosunek energii obcej do całkowitej wyniósł w tym okresie 56,3%. Liczby tablicy wskazują nam trzy czynniki, mające wpływ na kształtowanie się  $\cos \varphi$  w okresie rocznym: 1) nierytmiczny przebieg procesu produkcji, 2) dodatni wpływ oświetlenia w okresie zimowym, 3) odpływ ludzi w okresie letnim.

Rozpatrzmy nierytmiczność procesu produkcji w ciągu roku i wpływ oświetlenia, a zobaczymy, że przy niezmiennym współczynniku zmianowości pobór mocy jest różny. Trzeba zatem w skali całego przemysłu włókienniczego dokonać wymiany przede wszystkim transformatorów i dopasować je do aktualnych obciążeń. Dotyczy to w równej mierze silników grupowych i zespołowych. Konieczne jest powołanie stałej komórki pomiarowej, wyposażonej w aparaturę odpowiednią pod względem ilości i jakości. Celem tej komórki byłaby stała kontrola obciążeń, ustalanie współczynników wyzyskania silników i transformatorów oraz współczynników jednoczesności. Powinna ona polegać C. Z., a nie, jak dotychczas, Z.Z.E. z uwagi na przypadkowość przeprowadzanych kontroli i brak egzekutywy prostej i bezpośredniej. Pracy na tym odcinku jest dużo, jeżeli zważyć, że przemysł bawelniany ma w samym województwie łódzkim około 400 transformatorów i przeszło 17000 silników. Jeżeli uwzględnić, że przeprowadzona w jednym zakładzie, i to mającym bardzo przestarzałe urządzenia napędowe i przesyłowe, tego rodzaju operacja dała wyniki, których obrazem jest podany wykres dobowy współczynnika mocy (rys. 2), to można mieć pewność, że owoce tej pracy będą realne i przyniosą oszczędności rzędu kilku milionów złotych dla przemysłu, a gospodarce narodowej zaoszczędzą kilka

megawatów mocy biernej. Ponieważ do tej pracy można zaangażować świeże kadry techniczne, napływające z wyższych uczelni, przeto osiągnięć się jeszcze jeden bardzo poważny sukces: ludzie ci w krótkim czasie nabiorą dużej praktyki, która tak jest potrzebna dla sprawowania właściwego nadzoru i kierowania rozwijającym się przemysłem.

Pozostaje jeszcze do omówienia sprawa wyzyskania mocy czynnej prądnic w elektrowniach zakładowych. Rozrząd energetyczny żąda często zwiększania mocy czynnej prądnic, nie wglądając w dwa bardzo istotne z punktu widzenia interesu przemysłu zagadnienia: 1) jaki to ma wpływ na produkcję wykończalni i 2) jak wtedy kształtuje się koszt energii elektrycznej. Doświadczenie zakładu, mającego turbinę przeciwną, wykazało, że zwiększenie mocy czynnej prądnicy powoduje zwiększony przepływ pary oraz obniżkę ciśnienia pary odlotowej, co uniemożliwia wykonanie procesów technologicznych w wykończalni, a z drugiej strony zwiększa koszty z uwagi na  $\cos \varphi$  równy 0,3 — 0,35. Te wyniki, otrzymane w związku z obowiązującą taryfą, wskazują, że ta droga poprawienia sytuacji elektro-energetycznej narazi przemysł na niepotrzebne koszty i że sprawa winna być regulowana bezpośrednimi porozumieniami z poszczególnymi Z.Z.E.

Na zakończenie należy wspomnieć o zagadnieniu sztucznej kompensacji współczynnika mocy przez zastosowanie kondensatorów statycznych lub kompensatorów wirujących. Tu najbardziej celowe jest kompensowanie mocy biernej w rozdzielniach niskiego napięcia na podstacjach terenowych, a mianowicie z uwagi na brak miejsca w salach produkcyjnych oraz na charakter produkcji (duże zanieczyszczenie pyłem bawelnianym) oraz na dużą liczbę silników i rozdzielni obwodowych. W przypadku kondensatorów najdogodniejsze byłyby jednostki o mocy 30, 50 i 100 kVAr, przeciętne bowiem zapotrzebowanie kondensatorów w przemysle bawelnianym wynosi średnio 550 kVAr dla jednego zakładu.

MGR INŻ. ZBIGNIEW SICIŃSKI  
Zakład Materiałoznawstwa Elektrycznego  
IEI, Wrocław

## Zagadnienie produkcji w Polsce kondensatorów do poprawy $\cos \varphi$ na 380 i 6000 V

621.312:621.319.4(434)

Treść. Opis budowy kondensatorów do poprawy współczynnika mocy. Własności podstawowych surowców. Warunki i możliwości uruchomienia produkcji w Polsce.

Вопросы производства в Польше конденсаторов для 380 и 6000 в. Описание конструкции конденсаторов для повышения коэффициента мощности. Свойства основного сырья. Условия и возможности отечественного производства конденсаторов.

The problem of construction in Poland of 380 V and 6000 V condensers. Description of designs of condensers for power factor improvement. Basic raw material properties. Conditions and opportunities for starting the production of such condensers in Poland.

### 1. Wstęp.

Poza naturalnymi środkami poprawy współczynnika mocy, jak likwidacja biegu jałowego silników, właściwy dobór ich mocy itp., jednym z najlepszych środków jest zastosowanie kondensatorów.

Kondensatory tego typu weszły na rynek zbytu jako normalny produkt fabryczny w r. 1924. Postęp techniczny od tego czasu jest bardzo duży. Nowoczesne kondensatory do poprawy  $\cos \varphi$  doszły pod względem materiałowym i technologicznym bodaj do kresu swych możliwości eksploatacyjnych pod względem objętości i ciężaru na jednostkę mocy, pod względem nagrzewania się, pewności ruchu i trwałości.

Wskaźniki techniczno-gospodarcze [1] podaje tabl. I. Przyrost temperatury przy częstotliwości 50 Hz nie przekracza zazwy-

czajkę automatycznie odłącza indywidualny bezpiecznik, liczba zaś zwijek jest zazwyczaj tak duża, że spowodowane przebiegiem obniżenie mocy biernej kondensatora jest na ogół bez znaczenia.

Trwałość nowoczesnych kondensatorów jest również duża, bo sięga 20 i więcej lat, przy czym — wskutek braku dostępu powietrza przy zastosowaniu syciw mineralnych, wskutek doskonałej stateczności chemicznej syciw syntetycznych, jak również wskutek niskiej temperatury roboczej — zjawisko starzenia się izolacji papierowo-olejowej w kondensatorach do poprawy  $\cos \varphi$  występuje w bardzo słabym stopniu i jest całkowicie niegroźne dla ich eksploatacji.

Jako zaletę montażowo-eksploatacyjną nowoczesnego kondensatora należy również wymienić małą moc jednostkową. Zazwyczaj moc bierna nowoczesnych kondensatorów waha się dla ni-

T a b l i c a I

| Rodzaj kondensatorów                                    | Napięcie znamionowe | Moc znamionowa (kVAr) | Objętość (dm <sup>3</sup> /kVAr) | Ciężar (kg/kVAr) |
|---------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------|----------------------------------|------------------|
| Kondensatory wysokonapięciowe budowane jako jednofazowe | 3...10 kV           | 10                    | 1,46                             | śr. 2,4          |
| Kondensatory niskonapięciowe budowane jako trójfazowe   | 500 V               | 8                     | 1,82                             | 2,87             |
|                                                         | 380 V               | 6                     | 2,44                             | 3,83             |
|                                                         | 220 V               | 4                     | 3,65                             | 6,00             |

czaj 150°C, tzn. temperatura robocza kondensatorów waha się w granicach od 30 do 60°C. Okolicznością bardzo korzystną jest to, że w tym zakresie temperatur straconość dielektryczna bibulki kondensatorowej wykazuje minimum (rys. 1).

Pewność pracy kondensatorów jest dla wykonawcy nowoczesnych praktycznie zupełna. Jedyna możliwość uszkodzenia — poza mechanicznymi uszkodzeniami wskutek niewłaściwej obsługi — polega na przebiegu zwijki wskutek wady materiału lub wykonania. Przebiecie to jednak nie pociąga za sobą — praktycznie biorąc — żadnych ujemnych skutków, ponieważ przebiega

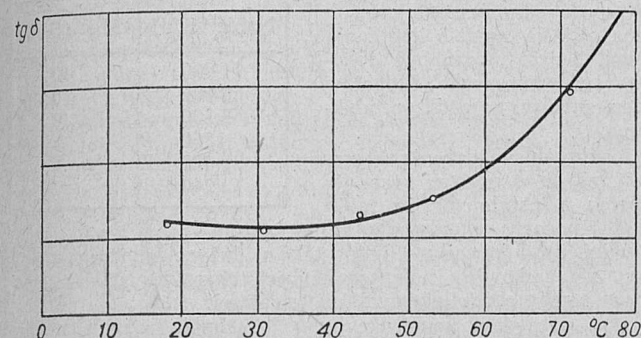
skich napięć w granicach 10...15 kVAr, dla wysokich napięć w granicach 15...25 kVAr. Dzięki takiemu doborowi mocy jednostkowej producent kondensatorów uzyskał korzystny najniższy przyrost temperatury oraz niski wskaźnik objętościowy (w dm<sup>3</sup>/kVAr), użytkownik zaś otrzymuje możliwość nadzwyczaj elastycznego planowania baterii kompensacyjnych i dopasowywania ich do każdorazowego obciążenia instalacji bez większych kosztów i pracy. Budowę dużych jednostek kondensatorowych o mocach biernych rzędu 50, 100 i więcej kVAr w jednej skrzyni zarzucono całkowicie.



Przy niskich obecnie kosztach wielkoseryjnej produkcji kondensatorów małowabarytowych koszty inwestycyjne amortyzują się zazwyczaj w ciągu kilku miesięcy, w najgorszym wypadku w ciągu 2...3 lat.

## 2. Budowa kondensatorów do poprawy $\cos \varphi$ .

Zasadniczym elementem kondensatora do poprawy  $\cos \varphi$  (o takich tylko kondensatorach jest mowa w niniejszej pracy) jest związka przedstawiająca kondensator elementarny o pojemności mniejszej niż cała jednostka, a więc o mniejszej mocy

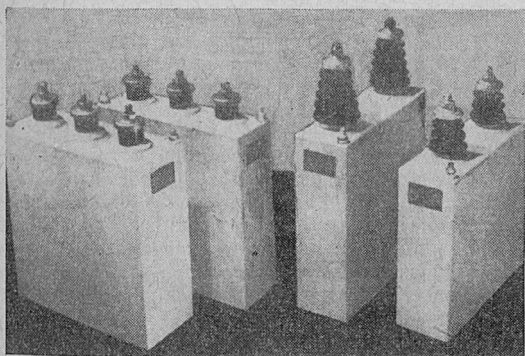


Rys. 1. Stratność dielektryczna nasyczonej bibułki kondensatorowej z celulozy siarczanowej w zależności od temperatury

biernej, a często — szczególnie przy typach wysokonapięciowych — o mniejszym również napięciu roboczym.

Związki starannie wysuszone w próżni i również w próżni nasyczone montuje się w bloki, ujęte w odpowiedni osprzęt i chronione przed wpływami atmosferycznymi w hermetycznie zamkniętym (zazwyczaj spawanym) pudle metalowym. Próżnioszczelne przepusty (izolatory) ujmują wyprowadzenia od okładek kondensatora na zewnątrz pudła.

Podstawowy element — związka kondensatorowa — jest zbudowany z dwu okładek metalowych, przeważnie z folii aluminiowej, przedzielonych kilku warstwami dielektryku w postaci bibułki kondensatorowej, przesyconej olejem mineralnym lub syntetycznym. Wyprowadzenia z poszczególnych zwięzek wykonane w formie płaskich styków, pasków cienkiej folii miedzianej, często również cynowanej i polerowanej. Jako materiał na okładki kondensatorów papierowych przy niskim napięciu stosowana jest również metalizacja bibułki cynkiem lub aluminium (przez parowanie w próżni lub przez naświetlanie katodowe).



Rys. 2. Kondensatory wewnętrzne na niskie i wysokie napięcie (220 — 8000 V/7,5 — 15 kVAr)

Rys. 2 przedstawia serię nowoczesnych kondensatorów do poprawy  $\cos \varphi$  na niskie i wysokie napięcia, rys. 3 — jednostkę częściowo otwartą dla pokazania wnętrza kondensatora, rys. 4 — zestaw zwięzek wchodzących w skład jednostki o mocy 15 kVAr.

## 3. Technologia produkcji kondensatorów do poprawy $\cos \varphi$ .

Zarówno budowa kondensatora papierowego, jak i technologia jego produkcji są bardzo zbliżone do na ogół znacznie lepiej znanej budowy i technologii kabli z izolacją papierową. Analoga jest bardzo wyraźna.

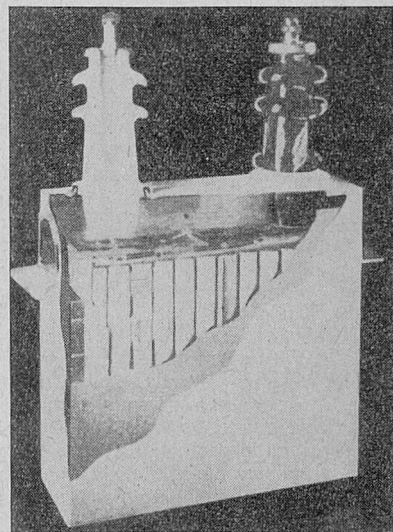
W obu przypadkach stosujemy materiały podstawowe tego samego charakteru: przewodzące żyły miedziane lub aluminiowe w kablu i okładki aluminiowe w kondensatorze oraz nasycony olejem papier jako izolacja w kablu lub jako dielektryk w kondensatorze. Proces technologiczny — skręcanie żył i izolowanie ich wielu warstwami papieru — odpowiada w zasadzie wykonywaniu zwięzek. Skręcanie kilku izolowanych żył w jeden kabel to w kondensatorach wiązanie wielu zwięzek w blok, stanowiący

jednostkę o określonej mocy biernej. Suszenie i przesyłanie izolacji papierowej olejem jest w zasadzie w obu przypadkach identyczne. Wreszcie nakładanie powłoki i zamykanie kabla mufą odpowiada również nałożeniu na kondensator hermetycznej obudowy, zaopatrzonej w szczelne przepusty.

Kwestia uruchomienia produkcji kondensatorów wygląda więc na pozór bardzo prosto: mamy w kraju od lat produkujące fabryki kabli, należy więc tylko uzupełnić je w pewien nieodzowny dla techniki kondensatorowej sprzęt i rozpocząć produkcję.

Sprawa nie jest jednak tak prosta. Główna i zasadnicza trudność produkcji kondensatorów polega na znacznie większych w nich niż w kablu naprężeniach roboczych dielektryku papierowego. Wynika to z obniżenia grubości dielektryku koniecznej dla uzyskania możliwie dużej pojemności, a zatem możliwie dużej mocy biernej na jednostkę objętości kondensatora.

Ta różnica warunków pracy dielektryku w kablu i kondensatorze spowodowała zupełnie zasadnicze różnice zarówno w jakości surowców stosowanych do ich budowy, jak i w parametrach liczbowych technologii ich produkcji. Papier względnie bibułka kondensatorowa jest wysokogatunkowym tworzywem, podobnie folia aluminiowa, jak również kondensatorowe oleje mineralne lub syntetyczne. Przepusty nie są co prawda przepustami klasy stosowanej w budowie prostowników ręciovych, w stosunku jednak do przepustów stacyjnych i transformatorowych są produktem jakościowo znacznie wyższym, a przede wszystkim gwarantującym próżnioszczelność.

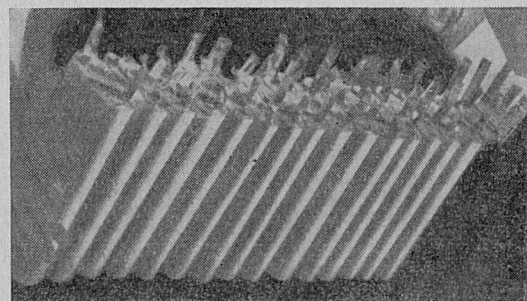


Rys. 3. Wnętrze kondensatora w wykonaniu napowietrznie

## 4. Uruchomienie w kraju produkcji kondensatorów do poprawy $\cos \varphi$ .

Kondensatory te mogą być i były już produkowane w kraju przez polskich robotników i inżynierów oraz na polskich urządzeniach produkcyjnych. Produkcję tę zapoczątkowała w r. 1938 Fabryka Elektrotechniczna inż. A. Horkiewicza w Warszawie. Działania wojenne w r. 1939 oraz nakaz okupanta hitlerowskiego zmusiły fabrykę do zaniechania tej produkcji, a w r. 1944 wszystko uległo całkowitemu zniszczeniu: urządzenia produkcyjne, surowce, dokumentacja; zginęli również ludzie, którzy tę produkcję prowadzili.

Przejęcie w r. 1945 przez PZTiR małej wytwórni kondensatorów papierowych w Kaliszu, przeniesienie jej do Łodzi i rozbudowa, a przede wszystkim powstanie w Krakowie zakładu produkcyjnego, którego jeden oddział nastawiony był na produkcję wyłącznie kondensatorów papierowych, stworzyły nowe możliwości uruchomienia tej tak bardzo dla gospodarki narodowej potrzebnej gałęzi produkcji.



Rys. 4. Zestaw zwięzek do kondensatora o mocy 15 kVAr

Inicjatywę w tym kierunku podjął w r. 1948 Zakład Materiałoznawstwa Elektrycznego Głównego Instytutu Elektrotechniki we Wrocławiu. Wcześniej jeszcze były składane w CZPE memoriały przedstawiające konieczność i możliwości uruchomienia produkcji kondensatorów. Nie zostało to zrealizowane z powodu braków surowcowych i zbyt słabych wówczas podstaw produk-

cyjnych. Zdawano sobie sprawę, że wyposażenie jednego z zakładów przemysłu teletechnicznego, który miał zająć się uruchomieniem tej produkcji na podstawie dokumentacji GIElu, było zbyt słabe. Ale potrzeby przemysłu — szczególnie hutniczego — na odcinku poprawy  $\cos \varphi$  były bardzo pilne, kondensatory zaś dawały możliwość najszybszej realizacji dostaw. Uznano więc, że produkcję należy rozpocząć, nawet jeżeli jakość wyrobów będzie początkowo niższa, tzn. trwałość kondensatora będzie mniejsza.

GIEl opracował jednostki próbne, na których sprawdzono możliwości techniczne wyposażenia zakładu produkcyjnego i które były podstawą do wykonania prototypów, po czym CZPT skompletował swoje kadry na odcinku kondensatorowym i podjął produkcję, zaczawszy od jednostek trójfazowych o mocy 25 kVAR na napięciu znamionowe 380 V. Wyniki badań pierwszych partii wypadły dodatnio. W ciągu najbliższych miesięcy zdolność produkcyjna zakładu poważnie wzrosła.

Cennym doświadczeniem dla fabryki było przyuczenie — pod kierunkiem IElu — jej załogi do produkcji w r. 1952 baterii kondensatorów typu KOE, przeznaczonych do zespołów obróbki elektroerozyjnej na prąd zmienny. Bateria o łącznej mocy 1600 kVAR składała się z kondensatorów o pojemności ok. 12  $\mu\text{F}$  i napięciu znamionowym 380 V. Były to w zasadzie kondensatory tego samego typu, co do poprawy  $\cos \varphi$ . Cechowały je: nasyciona olejem mineralnym bibułka kondensatorowa, hermetyczna obudowa i szczelne przepusty; jedynie moc jednostkowa była znacznie mniejsza.

Uruchomienie produkcji kondensatorów o napięciu znamionowym 500 V (dla hutnictwa) nie natrafi na żadne trudności. Obudowa pozostanie ta sama, osprzęt również, technologia produkcji nie będzie zmieniona. Nowym elementem będzie jedynie zwijka — na napięcie znamionowe 500 V. Terminy są tylko kwestią odpowiedniego zapotrzebowania ze strony odbiorcy. Nieco później będzie uruchomiona produkcja kondensatorów na napięcia rzędu 6 i 10 kV. Wszystkie typy przewidziano w wykonaniu wewnętrznym.

##### 5. Prototyp kondensatora do poprawy $\cos \varphi$ .

Według najnowszych doświadczeń zarówno radzieckich [1], jak i amerykańskich [2,3], dobór wielkości jednostek powinien być ściśle związany z napięciem roboczym, stratami dielektrycznymi i zdolnością odprowadzania ciepła.

Wiąże się z tym równocześnie kwestia wyboru napięcia znamionowego kondensatorów. Napięcie to z reguły podawane jest przez producenta kondensatorów na poziomie o 10% wyższym od znamionowego napięcia sieci; tak więc np. radzieckie kondensatory do poprawy  $\cos \varphi$  mają napięcie znamionowe: 240 = (220 + 10%) V; 420 = (380 + 10%) V; 550 = (500 + 10%) V; 3300 = (3000 + 10%) V; 6600 = (6000 + 10%) V; wreszcie 11000 = (10000 + 10%) V.

Przyczyną tego stanu rzeczy jest słaba przeciążalność napięciowa kondensatora, która wynika z dwukrotnego wpływu podwyższonego napięcia: bezpośrednie zwiększenie naprężeń dielektrycznych, które może przy dłuższym czasie pracy spowodować przebiecie, oraz wzrost strat dielektrycznych, a zatem większe nagrzewanie się kondensatora, czego pośrednim skutkiem jest dalszy spadek wytrzymałości dielektrycznej nasyconej bibułki.

Moc typowych jednostek ustalono z punktu widzenia strat ciepłych i kosztów produkcji. Ten drugi wzgląd narzuca produkcję jednostek na różne napięcia znamionowe w tych samych pudłach. Wówczas straty muszą zostać te same, gdyż zdolność odprowadzania ciepła nie uległa zmianie. Jednak przy jednostkach na niższe napięcia znamionowe dopuszcza się z reguły wyższe naprężenia dielektryczne, które powodują wyższą stratność dielektryczną. Zatem dla zachowania równowagi bilansu cieplnego w tych samych pudłach produkuje się jednostki o różnych mocach dla różnych napięć.

Tabl. II podaje orientacyjnie wartości liczbowe otrzymane w produkcji radzieckiej [1]. Ostatnio dzięki zmianom konstrukcyjnym i ulepszeniom technologicznym moce te podniesiono prawie dwukrotnie.

Na tle najnowszych doświadczeń wydaje się, że moc jednostek na 380 V, których produkcję obecnie w kraju uruchomiono, jest nieco za duża. Praktyka eksploatacyjna rozstrzygnie tę wątpliwość. Przy obecnej konstrukcji obniżenie mocy produkowanych jednostek 380-kilowatowych, jeśli zajdzie tego potrzeba, będzie mogło być dokonane bez większych kłopotów i bez zmiany narzędzi produkcyjnych.

Według doświadczenia zagranicznego nieco wyższy koszt jednostek o ustalonych w tablicy II mocach w stosunku do dawniej produkowanych jednostek o dużych mocach równoważy się całkowicie polepszeniem ich charakterystyki cieplnej, a tym samym przedłużeniem ich trwałości.

Pod względem konstrukcyjnym i technologicznym prototyp nasz jest wykonany z dużym wyzyskaniem ostatniego postępu w technice kondensatorowej. Wskaźniki jakościowe są: 2,02  $\text{dm}^3/\text{kVAR}$  i 3,43  $\text{kg/kVAR}$ .

##### 6. Surowce.

Produkcja bieżąca (rok 1953) kondensatorów do poprawy  $\cos \varphi$  opiera się wyłącznie na imporcie podstawowych surowców — bibułki i folii aluminiowej. Jest to całkowicie usprawiedliwione, gdyż w początkowym okresie trudnej produkcji należy mieć surowce pierwszej jakości. Jednak w najbliższych latach powinniśmy przejść na surowiec całkowicie krajowy. Zorganizowaniem uruchomienia krajowej produkcji bibułki kondensatorowej o grubościach 9 — 15  $\mu\text{I}$  IEl zajął się już w r. 1948, opierając się na doświadczeniach jednej z krajowych fabryk elektrotechnicznych. Trudności w uruchomieniu produkcji bibułki kondensatorowej są duże, ale i postęp w pracy mamy już nie mały. Wystarczy zaznaczyć, że przy dużym wysiłku przemysłu papierniczego, szczególnie jednej z fabryk bibulek, wykonano na maszynach całkowicie do tego nieprzystosowanych partię zastępczej bibułki kondensatorowej lnianej, z której wyprodukowano niemal połowę wymienionych w rozdz. 4 kondensatorów typu KOE. Bibułka ta nie odpowiadała jeszcze całkowicie normie GOST 1908-42 „Bumaga kondensatornaja”, ale wiele zasadniczych jej wymagań wypełniono w 100%. Położenie przez CZPP w roku bieżącym dużego nacisku na tę sprawę, m. inn. w formie zlecenia tej sprawy, jako bardzo ważnej, Instytutowi Celulozowo-Papierniczemu oraz uruchomienie papiernicy typu Pamela powinny dać wyraźne wyniki. Punktem tu niezmiernie ważnym jest przyspieszenie niektórych inwestycji przemysłu papierniczego.

Wyniki badań IElu na próbkach z dotychczasowej produkcji krajowej podaje tabl. III. Zasadnicze wady bibulek kondensatorowych obecnej próbnej produkcji sprowadzają się do zanieczyszczeń — głównie cząstkami przewodzącymi i sadzą, do zbyt wielkiej grubości oraz do zbyt szerokich tolerancji grubości. Wady powyższe wynikają przede wszystkim z braku odpowiednich urządzeń produkcyjnych.

Znacznie gorzej przedstawia się kwestia uruchomienia krajowej produkcji folii aluminiowej. Uruchomiono wprawdzie produkcję folii nawet o znacznie większej niż potrzeba dla kondensatorów papierowych zawartości glinu (ok. 99,98% Al), lecz folia ta jest przeznaczona do kondensatorów elektrolitycznych, a więc grubość jej jest duża (ok. 30  $\mu$ ). Dla kondensatorów papiero-

Tablica II. Dane znamionowe kondensatorów

| Napięcie (V) | Moc (kVAR) |
|--------------|------------|
| 11 000       | 10         |
| 6 600        | 10         |
| 3 300        | 10         |
| 550          | 8          |
| 420          | 6          |
| 240          | 4          |

Tablica III. Wyniki krajowej produkcji bibułki kondensatorowej

| Własność                     | Jednostka        | Warunki badania             | Wymagania GOST 1908 — 42 | Bibułka importowana fińska | Krajowa bibułka lniana | Krajowa próba bibułki z celulozy fińskiej |
|------------------------------|------------------|-----------------------------|--------------------------|----------------------------|------------------------|-------------------------------------------|
| Ciężar objętościowy          | $\text{g/cm}^3$  | 65% w. w. 20°C              | $\geq 0,97$              | 1,30                       | 0,91                   | 0,8                                       |
| Grubość                      | $\mu$            | „                           | $\leq 15$                | 15,0                       | 14,5                   | 18,5                                      |
| Tolerancja grubości          | %                | „                           | $\leq \pm 10$            | —                          | —                      | $\pm 4$                                   |
| Obciążanie zrywające         | kG               | „ wzdl.                     | $\geq 1,3$               | 3,3                        | 1,9                    | 1,9                                       |
| Kwasowość                    | %                | „                           | niedopuszczalna          | 0,00                       | 0,00                   | 0,00                                      |
| Zasadowość                   | %                | „                           | $\leq 0,02$              | —                          | —                      | —                                         |
| pH wyciągu wodnego           |                  | „                           | —                        | 6,7                        | 6,9                    | 6,9                                       |
| Wytrzymałość dielektryczna   | V $\sim$ / $\mu$ | po 2 godz. suszenia w 105°C | $\geq 23,3$              | 41                         | 23,6                   | 20                                        |
| Liczba cząstek przewodzących | $1/\text{m}^2$   | „                           | $\leq 10$                | 15                         | 200                    | 4                                         |



wych folia może mieć nieco mniejszą zawartość glinu (do 99,4%), ale jej grubość musi być znacznie mniejsza — rzędu 5—7  $\mu$ . Folia powinna być poza tym wyżarzona dla uzyskania koniecznej w budowie kondensatorów papierowych miękkości. Zagadnieniem tym należy się zająć jak najszybciej.

Sprawa olejów syntetycznych jest również sprawą zasadniczej wagi. Występuje to bardzo wyraźnie na tle wad olejów mineralnych i zalet olejów syntetycznych. Olej izolacyjny w kondensatorach papierowych starzeje się w eksploatacji bardzo mało; przyczyną tego jest próżniowe suszenie i nasycanie bibułki oraz całkowicie hermetyczna budowa kondensatora. Niska temperatura robocza przy prawie całkowitym braku tlenu powoduje nawet przy bardzo dużych natężeniach pola elektrycznego, występujących w kondensatorach, jedynie bardzo słabe zestarzenie się oleju w ciągu wielu lat pracy.

Natomiast wyraźnie i względnie szybkie zestarzenie się oleju występuje w procesie suszenia i nasycania zwizek kondensatorowych. Zasadniczą również wadą olejów mineralnych jest ich mała przenikalność dielektryczna  $\epsilon_m$  (rzędu 2,2), która z jednej strony powiększa objętość kondensatorów, z drugiej pogarsza rozkład pola w dielektryku (stała dielektryczna celulozy wynosi  $\epsilon_c \approx 5,6$ ). Wreszcie trzecią wadą syciw mineralnych jest ich łatwopalność, a nawet wybuchowość.

Tych wszystkich wad nie wykazują oleje kondensatorowe typu chlorowanych dwufenyli. Są one całkowicie niepalne i niewybuchowe, ich stateczność chemiczna jest bardzo dobra, a przenikalność dielektryczna prawie dwukrotnie wyższa. Inne własności dielektryczne olejów syntetycznych nie wiele się różnią od własności olejów mineralnych, a wytrzymałość dielektryczna jest nieco lepsza.

Powiększe zalety olejów syntetycznych są niewątpliwe; jednak korzyści ekonomiczne wprowadzenia olejów syntetycznych występują wyraźnie, mimo względnie wysokiej ich ceny, dopiero po stwierdzeniu, że w przypadku ich stosowania zużycie surowców deficytowych — bibułki i folii — maleje o 40 do 50%.

Zagadnienie produkcji olejów syntetycznych zostało poruszone przez IEL w r. 1948. Instytut Tworzyw Syntetycznych wykonał drogą syntezy laboratoryjnej próbkę pięciochlorodwufenylu. Badanie w IELu przydatności tej próbki do celów kondensatorowych dało wynik wyraźnie dodatni. Należy przystąpić do syntezy półtechnicznej, przy której najważniejszymi punktami powinno być wydzielenie frakcji pięciochlorodwufenylu oraz możliwe najlepsze jej oczyszczenie.

Kwestia wspomnianych w rozdz. 2 przepustów próżnioszczelnych, aczkolwiek również bardzo ważna, jest znacznie łatwiejsza do rozwiązania. Zajął się nią Przemysłowy Instytut Telekomunikacyjny.

## 7. Rozwój produkcji.

Rozwój produkcji kondensatorów do poprawy  $\cos \phi$  musi się oprzeć na trzech czynnikach: 1) na zapewnieniu krajowych surowców, 2) na opracowaniu nowych typów na podstawie stałej analizy wyników kontroli produkcji oraz na wyzyskaniu postępu technicznego, 3) na właściwym umiejscowieniu zakładu produkcyjnego.

Sprawy surowcowe omówiono w poprzednim rozdziale. Nowe typy — to przede wszystkim wprowadzenie do produkcji kondensatorów ciśnieniowych, dla kondensatorów zaś niskonapięciowych wprowadzenie bibułki metalizowanej i syciw półprzewodzących. Nowe typy to również rozszerzenie produkcji na kondensatory do pieców indukcyjnych pracujących przy częstotliwościach 2 do 8 kHz, to wreszcie produkcja szeregowo do kompensacji linii wysokiego napięcia.

Kwestia właściwego wyboru miejsca na zakład produkcyjny jest również bardzo ważna w rozwoju tej gałęzi produkcji. Trzeba powiedzieć wyraźnie, że obecne ulokowanie zakładu produkcyjnego jest złe i pozostawienie go na obecnym terenie spowoduje konieczność stosowania wielu uciążliwych środków zapobiegawczych, których zadaniem będzie zapewnienie zakładowi koniecznej czystości. Przy produkcji, którego zasadniczym surowcem — bibułka kondensatorowa — ma grubość kilku lub kilkunastu mikronów, a syciwo jest wielokrotnie starannie oczyszczone, sprawa zanieczyszczeń spowodowanych unoszącą się w powietrzu sadzą z okolicznych fabryk jest bardzo poważną kwestią. Obecny zakład produkcyjny ma w najbliższym sąsiedztwie magistralę kolejową i kilkanaście mniejszych lub większych fabryk; nawet komin własnej kotłowni nie ma elektrofiltrów strącających sadzę. Toteż sprawa ta powinna być definitywnie załatwiona: należy przenieść produkcję do właściwie dobranej okolicy lub natychmiast wprowadzić klimatyzację pomieszczeń produkcyjnych z równoczesnym zainstalowaniem elektrofiltrów w najbliższej okolicy.

## 8. Uwagi końcowe.

Uzupełnieniem opracowania zagadnienia produkcji kondensatorów powinno być również stworzenie możliwości doszkolenia w tej dziedzinie obecnych kadr pracowniczych. Należałoby wprowadzić obowiązującą w kraju normę na kondensatory do poprawy współczynnika mocy po zbadaniu obcych prac normalizacyjnych w tej dziedzinie [4]. Norma powinna być podstawą zarówno produkcyjnych prób typu, jak i odbioru technicznego. Niezbędne uzupełnienie charakteru eksploatacyjnego już zostało wykonane, przynajmniej w najistotniejszych punktach: w ramach Państwowej Inspekcji Energetycznej opracowano „Przepisy eksploatacji urządzeń elektrycznych; Cz. III. Kondensatory statyczne”, 1952 r. [5].

Natomiast odpowiedniej literatury technicznej w języku polskim nie ma. Opracowanie książki z tej dziedziny w kraju jest konieczne i możliwe. Sprawa szkolenia przedstawia się nieco lepiej: w obecnym zakładzie produkcyjnym organizowane są kursy szkoleniowe dla załogi fabrycznej np. kurs zorganizowany przez IEL w lipcu r. b. dla techników zakładu w Krakowie; kurs ten (50 godzin wykładów) objął teorię, surowce, budowę, projektowanie i pomiary wielkości typowych dla kondensatorów. Na Wydziale Elektrycznym Politechniki Wrocławskiej od lat trzech prowadzono jest wykład „Technologia kabli i kondensatorów”.

Badaniami w dziedzinie kondensatorów od strony materiałowej i produkcyjnej zajmuje się IEL. Badań eksploatacyjnych na razie nie prowadzi nikt.

## LITERATURA

- [1] Renne W. T. Elektrizieskije kondensatory, 1952.
- [2] Bloomquist W. C. Capacitors for industry, 1950.
- [3] Marbury R. E. Power capacitors, 1949.
- [4] Projet des spécifications pour la fourniture et la réception des condensateurs de puissance pour courant alternatif jusqu'à 25000 Hz. XII 1951.
- [5] Przepisy eksploatacji urządzeń elektrycznych, Cz. III — Kondensatory statyczne, 1952, Państwowa Inspekcja Energetyczna.
- [6] Polakow B. A. Kondensatornyje ustanowki dla powyszenja koeficienta moszcznosti, 1950.
- [7] Renne W. T. Sowriemiennije bumażnyje kondensatory, 1948.
- [8] Bornitz E. Starkstrom-Kondensatoren und umlaufende Phasenschieber, 1942.
- [9] GOST, 1908—42, Bumaga kondensatornaja
- [10] Siciński Z. Papier kondensatorowy. Przegl. Elektr., 1952, z. 9, str. 337—346.
- [11] Kondensatory do poprawy współczynnika mocy (Biul. Inst. Elektr., w Przegl. Elektr. 1953, z. 5, str. 218—220).

# Krajowa konferencja w sprawie poprawy współczynnika mocy

Łódź, 23.IV.53

## 1. Cel i przebieg konferencji.

Konferencja zorganizowana przez Stowarzyszenie Elektryków Polskich wspólnie z Ministerstwem Energetyki miała charakter narady roboczej w ramach planu SEP-u popularyzowania i dyskutowania najpilniejszych zagadnień, które wysuwa przed elektroenergetykami polskimi Plan 6-letni.

Gospodarka mocą i energią bierną we wszystkich trzech fazach — wytwarzania, przesyłania i użytkowania — jest spójnym zagadnieniem, których prawidłowe rozwiązanie wymaga ścisłej współpracy i wzajemnego zrozumienia dostawcy energii i jej użytkownika. Z pomocą powinny im przyjść przemysł elektro-techniczny i instytuty naukowe.

Współczynnik mocy jako jeden z podstawowych wskaźników techniczno-ekonomicznych gospodarki energetycznej stanowi kry-

terium do oceny prawidłowego prowadzenia eksploatacji urządzeń elektrycznych w zakładach przemysłowych. W okresie rewolucyjnego rozwoju naszego przemysłu krajowego i w obliczu konieczności mobilizacji wszelkich rezerw energetycznych, aby nie zahamować tempa uprzedmiotowienia kraju, sprawa poprawy współczynnika mocy i utrzymania go na jak najwyższym poziomie w każdym zakładzie przemysłowym nabiera specjalnego znaczenia.

Liczny udział w konferencji łódzkiej przedstawicieli zarówno energetyki zawodowej, jak i delegatów poszczególnych gałęzi przemysłu, a także instytutów techniczno-naukowych świadczą, że polski świat techniczny zdaje sobie sprawę z ważności zadania i z obowiązków, które na nim spoczywają. Liczba ucze-

silników wynosiła około 320 osób, delegowanych przez wszystkie zainteresowane resorty.

Program konferencji obejmował następujące referaty\*):

- 1) Znaczenie gospodarcze i techniczne poprawy współczynnika mocy, mgr inż. C. Rukszto, dyr. Dep. Techniki M. E.;
- 2) Metody poprawy współczynnika mocy i ich ocena krytyczna, dr inż. Wł. Latak, Politechn. Warsz.;
- 3) Doświadczenie w zakresie poprawy współczynnika mocy w przemyśle węglowym, dr inż. S. Bładowski i mgr inż. A. Peretiatkowicz;
- 4) Doświadczenie w zakresie poprawy współczynnika mocy w polskim przemyśle włókienniczym (bawełnianym), mgr inż. J. Pijewski, Łódź;
- 5) Przystosowanie turboprzędnicy do pracy w roli kompensatorów, mgr inż. J. Napiórkowski;
- 6) Zagadnienie produkcji w Polsce kondensatorów na 380 V i 6000 V do poprawy  $\cos \varphi$ , mgr inż. Z. Siciński, Inst. Elektr., Wrocław.

Ponadto program konferencji obejmował pokaz w Elektrowni Łódzkiej: uruchomienie kompensatora mocy biernej, przerobu tego ze starej przędnicy oraz zwiędzanie grupowe poszczególnych zakładów przemysłu włókienniczego z omówieniem na miejscu w zakładzie praktycznych możliwości polepszenia współczynnika mocy.

## 2. Referat wstępny dyr. C. Rukszty.

Referat obejmował omówienie zagadnienia współczynnika mocy z punktu widzenia technicznego i gospodarczego. Niski współczynnik mocy jest przyczyną: a) ograniczenia zdolności wytwórczej turboprzędnicy oraz zdolności przelotowej urządzeń przesyłowych w sieciach energetycznych; b) obniżenia napięcia w punktach odbioru i dużych wahań napięcia w sieciach; c) zwiększenia strat energii na drodze od źródła do punktu odbioru; d) zwiększonego zużycia materiałów deficytowych, jak miedź, aluminium, w urządzeniach energetycznych; e) szeregu trudności w warunkach eksploatacyjnych, jak np. w pracy aparatury łączeniowej przy zwarciach itp.

Głównymi „odbiorcami” energii biernej są w układach energetycznych transformatory, a przede wszystkim silniki asynchroniczne, w których dominującą rolę odgrywa wielkość szczeliny powietrznej. Pobór energii biernej przez oba te urządzenia jest w nieznacznym stopniu zależny od stopnia ich obciążenia mocą czynną, wskutek czego wartość współczynnika mocy obniża się znacznie przy pracy tych urządzeń w warunkach niedociążenia.

Walka o poprawę współczynnika mocy w układzie energetycznym powinna więc dążyć w dwu kierunkach: 1) odciążenia źródeł energii czynnej od zaabsorbowania ich zdolności wytwórczej mocą bierną i — co za tym idzie — skrócenia drogi przepływu energii biernej w elementach sieciowych; 2) zmniejszenia poboru energii i mocy biernej dla urządzeń odbiorczych.

Realizacja pierwszego postulatu leży w dużej mierze w granicach możliwości energetyki zawodowej. Właściwymi środkami będą tu:

- a) wykorzystanie starych przędnicy w charakterze kompensatorów wirujących oraz instalowanie specjalnych kompensatorów w węzłowych punktach sieci;
- b) właściwa regulacja napięcia w liniach najwyższego napięcia, zmierzająca do ograniczenia przepływu mocy biernej;
- c) dostosowanie mocy transformatorów do wielkości obciążenia zwłaszcza w stacjach wielotransformatorowych przez właściwe ustalenie planów pracy poszczególnych jednostek;
- d) likwidacja zbędnych stopni transformacji i prawidłowy dobór wielkości jednostek transformatorowych.

Drugi postulat — zmniejszenie poboru energii i mocy biernej dla urządzeń odbiorczych — wymaga — z punktu widzenia udziału szerokich rzesz energetyków przemysłowych. Poprawa współczynnika mocy w zakładzie przemysłowym powinna być realizowana przede wszystkim drogą wykorzystania wszelkich dostępnych środków naturalnych, a mianowicie:

- a) przez ustalenie planu pracy urządzeń elektrycznych, gwarantującego ich najpełniejsze ich wykorzystanie i jak największe skrócenie ich biegu jałowego (bez obciążenia);
- b) przez właściwy dobór silników do wielkości napędzanego mechanizmu, szczególnie bowiem niekorzystny jest szeroko dotychczas zakorzeniony zwyczaj dobierania wielkości silnika „z zapasem”;
- c) stosowanie przełączania uzwojeń stojana w niedociążonych silnikach;
- d) regulowanie liczby czynnych transformatorów w podstawach eksploatowanych przez użytkowników według wielkości obciążenia;

\* Ob. w niniejszym zeszycie na str. 359—383.

e) ustalenie prawidłowych planów pracy czynnych silników synchronicznych.

Po wyczerpaniu środków naturalnych zakład przemysłowy powinien zastosować środki sztuczne, wymagające już większych nakładów finansowych, jak synchronizacja silników asynchronicznych; instalowanie urządzeń i specjalnych maszyn kompensacyjnych lub baterii kondensatorów statycznych itp.

Wśród zakładów przemysłowych, które wykazują zrozumienie dla roli współczynnika mocy dążą do jego poprawy, dając się zauważyć tendencja pójścia po drodze najmniejszego oporu, tzn. instalowania kondensatorów statycznych, nim jeszcze zostały wykorzystane środki naturalne. Takie rozwiązanie, pociągające za sobą konieczność nie zawsze uzasadnionych nakładów finansowych, jest w ramach gospodarki narodowej niewłaściwe. Sprawa poprawy współczynnika mocy nie może być rozpatrywana jako jedynie problem wewnątrz-zakładowy, gdyż w skutkach swych rozciąga się na cały energetyczny układ zasilający. Wychodząc z tych przesłanek energetyka zawodowa zastrzegła sobie, że celowość zamówienia przez przemysł kondensatorów statycznych powinna być sprawdzana przez zakłady zbytu energii, które opinie swe opierają nie tylko na warunkach pracy urządzeń odbiorczych, lecz również na warunkach pracy sieci zasilającej i wielkości deficytu mocy biernej w układzie energetycznym. Takie kryteria zapewniają jak najlepsze w skali ogólnokrajowej wykorzystanie nakładów finansowych. Przy ustalaniu kolejności zastosowania kondensatorów statycznych u odbiorców przemysłowych, przyłączonych w różnych punktach układu energetycznego, należy opierać się na wielkości energetycznego równoważnika mocy biernej, który podaje wielkość zmniejszenia się strat mocy czynnej w sieci w wyniku zmniejszenia przepływu mocy biernej o 1 kVar.

Zagadnienie poprawy współczynnika mocy nie ogranicza się do ustalenia odpowiedniego planu usprawnień i do jednorazowej ich realizacji. Akcja powinna mieć charakter trwały i systematyczny. Do tego potrzeba stałej kontroli uzyskiwanych wyników, opartej na właściwej aparaturze pomiarowej, zestawianiu okresowego bilansu mocy i energii biernej i wreszcie potraktowania współczynnika mocy jako jednego z podstawowych wskaźników techniczno-ekonomicznych gospodarki energetycznej w zakładzie przemysłowym.

## 3. Dyskusja.

Głos zabierało 20 uczestników z przedstawicieli zakładów przemysłowych, energetyki, przemysłu energoelektrycznego i instytucji naukowych.

Podnoszono trudności, które spotyka się przy podejmowaniu środków do poprawy współczynnika. Mają one charakter bądź organizacyjny, jak brak personelu fachowego, bądź techniczny — niedostateczny asortyment aparatury elektrycznej, a niekiedy i jej nieodpowiednia jakość.

Specjalną uwagę zwrócono na sprawę synchronizacji silników asynchronicznych i na warunki pewności ruchu silnika zsynchronizowanego. Mimo pewnych trudności z wyborem źródła prądu stałego (układ prostowników selenowych czy też układ przetwornicowy) i ze stosowaniem automatycznych przełączników do przełączenia wirnika na zwarcie z chwilą wypadnięcia silnika z synchronizmu — konieczne jest z punktu widzenia gospodarczego jak najszerze stosowanie na obecnym etapie synchronizacji silników asynchronicznych, jako środka do poprawy współczynnika mocy, wszędzie tam, gdzie na to pozwalają warunki ruchowe. Doświadczenie Związku Radzieckiego, gdzie w niektórych kombinatach przemysłowych pracują tego rodzaju silniki z zupełnie dobrym rezultatem, powinien posłużyć polskiemu energetykowi przemysłowemu jako przykład i wzór.

Inaczej przedstawia się sprawa przy projektowaniu nowych zakładów przemysłowych. W tej dziedzinie konieczne jest z jednej strony zerwanie z zakorzenionym zwyczajem ustawiania silników o nadmiernej mocy, a z drugiej — jak najszerze stosowanie silników synchronicznych odpowiednio przystosowanych do roli regulatorów mocy biernej w zakładzie przemysłowym.

Uczestnicy Konferencji wysłuchali z wielkim zainteresowaniem wypowiedzi przedstawicieli przemysłu elektrotechnicznego (kol. inż. J. Schmidta), który zaznajomił ich z obecnymi możliwościami i stanem krajowej produkcji silników synchronicznych i aparatury potrzebnej do ich sterowania. Obecnie są produkowane silniki synchroniczne od 15—18 kVA do mocy kilkuset kilowatowat, a w opracowaniu znajduje się nowa seria maszyn na zakres mocy od 100 do 3150 kVA. Silniki te mają rozruch asynchroniczny i dzięki wyposażeniu wirnika w specjalną klatkę są przystosowane do bezpośredniego włączenia do sieci lub też za pomocą prostego układu autotransformatorowego. Rozruch może być całkowicie zautomatyzowany. Opracowa-



ne zostało przez polski przemysł typowe urządzenie do automatycznego rozruchu silników synchronicznych. Cała aparatura sterująca zamknięta jest w jednej niewielkiej szafie, a manipulacja przy obsłudze silników sprowadza się do naciśnięcia guzika.

Kol. inż. J. Schmidt podkreślił, że fabryki polskiego przemysłu maszyn elektrycznych są w stanie wyprodukować znacznie więcej silników synchronicznych niż produkują obecnie wskutek niedostatecznej ilości zamówień ze strony zakładów przemysłowych. Zamówienia na silniki synchroniczne mogą być realizowane w najbliższym czasie i nie są uzależnione od żadnych specjalnych surowców czy materiałów, których uzyskanie nastręcza obecnie trudności. Nieomal wszystkie materiały potrzebne do produkcji silnika synchronicznego są pochodzenia krajowego. W tych warunkach silnik synchroniczny — jako urządzenie pozwalające na łatwą regulację mocy biernej, zwłaszcza w warunkach zmiennego obciążenia — powinien znaleźć jak najszersze zastosowanie jako podstawowy element w każdym niemal zakładzie przemysłowym do poprawy współczynnika mocy.

Kol. inż. Białkiewicz (Inst. El.) podniósł sprawę konieczności sporządzania w zakładach przemysłowych bilansów mocy względnie energii biernej jako podstawy do racjonalnego rozwiązywania zagadnienia  $\cos \varphi$  w zakładzie. Bilanse energii biernej sporządzane dla pewnych wyodrębnionych rejonów energetycznych pozwolą określić rozplyw energii i na tej podstawie obliczyć rozplyw mocy biernej. Analiza bilansu ułatwi ustalenie: a) właściwego wyzyskania elektrowni pod względem produkcji mocy czynnej i biernej oraz b) przeciżenia prądowego na liniach przesyłowych, powodującego nadmierne spadki napięcia. Zestawienie bilansu wymaga dokonania szeregu pomiarów. Kol. dr Latek (katedra maszyn Politechniki Warszawskiej) podejmuje się pomiary takie przeprowadzać.

Kol. B. Walentynowicz (PWT) poinformował zebranych o zamierzeniach PWT w zakresie wydawnictwa literatury technicznej, omawiającej zagadnienie współczynnika mocy.

#### 4. Uchwała konferencji.

Następujące zadania należy zrealizować w najbliższej przyszłości:

- 1) wprowadzić współczynnik mocy do wskaźników techniczno-ekonomicznych zakładów przemysłowych;
- 2) do pomiarów współczynnika mocy posługiwać się istniejącą aparaturą przy zastosowaniu wszystkich dostępnych układów zastępczych;
- 3) opracować plany usprawnień organizacyjnych i technicznych dla poprawy współczynnika mocy w poszczególnych zakładach;
- 4) wyzyskać przede wszystkim naturalne środki poprawy współczynnika mocy przy szczególnym uwzględnieniu rytmiczności produkcji;
- 5) zorganizować akcję wymiany silników w ramach poszczególnych przemysłów;

6) całkowicie wyzyskać istniejące urządzenia kompensacyjne zainstalowane u dostawców i odbiorców energii elektrycznej i ustalić właściwy program ich pracy;

7) zwiększyć produkcję kondensatorów w kraju, zapewnić krajowe surowce dla tej produkcji oraz zorganizować przy fabryce kondensatorów warsztat naprawy;

8) zwrócić szczególną uwagę na utrzymanie znamionowego współczynnika mocy przy remontach silników elektrycznych;

9) zbadać możliwości zastosowania w szerokim zakresie synchronizacji silników asynchronicznych przy współpracy Instytutu Elektrotechniki z przemysłem;

10) zorganizować w poszczególnych przemysłach przeszkolenie służby energetycznej w zakresie zagadnień mocy biernej, a w szczególności przeszkolić obsługę urządzeń kompensacyjnych;

11) spowodować opracowanie obowiązującej instrukcji, obejmującej zasady prawidłowego doboru wielkości silnika do potrzeb napędu dla rozwiązań typowych; przy rozwiązaniach nietypowych dobór silników powinien być opiniowany przez specjalistę napędowca.

#### 5. Przemówienie końcowe przewodniczącego Konferencji mgr inż. K. Kolbińskiego, prezesa SEP.

Narada dzisiejsza została zwołana przez Ministerstwo Energetyki i Stowarzyszenie Elektryków Polskich celem szybkiego załatwienia w Polsce sprawy niedociągnięć w akcji poprawy współczynnika mocy. Należy skończyć z ciągłym wahaniem się co do sposobów, które mamy stosować w tej sprawie, i podjąć odpowiednie środki, zmierzające do poprawienia ogólnopaństwowego gospodarki energetycznej. II Kongres Inżynierów i Techników nałożył ten obowiązek na wszystkich inżynierów i techników stowarzyszonych w NOT, a tym samym na wszystkich inżynierów i techników SEP-u.

Wiemy wszyscy, jaką rolę odgrywają te wskazania i obowiązki, idące po linii wskazań Partii i Rządu naszego. Stowarzyszenie nasze, włączając się w pracę techniczną, stara się wziąć czynny udział w budowie potężnego przemysłu polskiego, w budowie socjalizmu w Polsce. Dążymy do nawiązania ścisłej współpracy z odpowiednimi resortami administracji państwowej. Dzisiejsza narada jest dowodem współpracy z Ministerstwem Energetyki. Pełne zrozumienie i współpracę znajdujemy ze strony Dyrekcji Dep. Techniki i Państwowej Inspekcji Energetycznej, co doprowadziło do szeregu konferencji i rokuję nadzieje na przyszłość, że w postępie technicznym będziemy stałe posuwać się naprzód.

Jako członkowie Stowarzyszenia Elektryków Polskich mamy obowiązek ścisłej współpracy w tej dziedzinie i przeniesienia tego, co dziś usłyszeliśmy, na teren swych kół zakładowych.

Proszę kolegów, żebyście zechcieli wszystkie te sprawy wziąć pod uwagę, aby nasza praca dzisiejsza nie poszła na marne, lecz przyczyniła się do jak najszybszej naprawy u nas obecnego stanu rzeczy w zagadnieniu współczynnika mocy.

## Zagadnienia wspólne dla telekomunikacji i energetyki (MKWSE, 1952)

MGR INŻ. HENRYK KUNIEWSKI

### 1. Wstęp

Głównymi tematami referatów były (a) zakłócenia elektryczne, wytwarzane przez aparaty elektryczne i linie przesyłowe oraz przez uszkodzenia mechaniczne linii przesyłowych, i (b) wpływ tych czynników na telekomunikację przewodową i bezprzewodową. Po jednym referacie poświęcono zagadnieniom ogólnym oraz urządzeniom zasilającym stosowanym w telekomunikacji dla potrzeb energetyki.

### 2. Badania doświadczalne oddziaływania przebiegów nieustalonych w liniach przesyłowych podczas zaburzeń na urządzeniach teletransmisyjnych w. cz., służące do zabezpieczeń wybiornych [1].

Nagle zmiany prądu i napięcia w liniach przesyłowych (np. przy włączaniu i wyłączaniu lub przy zwarcu linii) wywołują zwykle czasowe zakłócenia w pracy urządzeń w. cz. stosowanych do zabezpieczeń wybiornych. Tematem referatu jest zbadanie rozmiarów oraz warunków powstawania tych zakłóceń w pracy urządzeń w. cz. syst. L. M. Ericssona typu ZCK 10<sup>1</sup>) na liniach szwedzkich.

W szwedzkich zabezpieczeniach wybiornych w. cz. przyjęto zasadę, że gdy lokalne kryteria zaburzeniowe nie są wystar-

czające do wyłączenia odcinka linii, na którym wystąpiło zaburzenie, wówczas wyłączenie tego odcinka następuje tylko po otrzymaniu sygnału operacyjnego (wyzwalającego), wysłanego z przeciwnego końca odcinka. Sygnał ten stanowi uzupełniające kryterium i wysłany jest tylko wtedy, gdy prąd przetężeniowy (zaburzeniowy) płynie do środka danego odcinka linii.

W urządzeniach ZCK10 fale nośne w. cz. są wysyłane normalnie w sposób ciągły (system prądu ciągłego), a sygnałem operacyjnym jest krótka przerwa fali nośnej.

a) Układy doświadczalne. Badania wpływu przebiegów nie ustalonych podczas zaburzeń w linii na teletransmisję w. cz. przeprowadzono na szwedzkich sieciach przesyłowych o napięciach 132 kV i 220 kV według trzech niżej podanych układów doświadczalnych.

Pierwszy układ pomiarowy (rys. 1) wykonano na sieci 220 kilowoltowej, przy czym na jednej stacji (1B) zainstalowana była bateria kondensatorów, włączonych posobnie do przewodów linii. Zasilanie układu odbywało się na stacji 1A, a zaburzenia były wykonywane na stacji 1B na odcinku 1B—1C. Zaburzenia polegały na zwarcu wszystkich przewodów ze sobą i z uziemieniem (za pomocą cienkich drutów o średnicy 0,2 mm), a następnie na włączeniu napięcia robocznego 220 kV. Zwarcie przewodów powodowało dodatkowe tłumienie prądów w. cz. przed właściwym zaburzeniem (włączeniem napięcia) i dlatego układ

<sup>1</sup>) Urządzenia te były opisane przez autora (pod jego dawnym nazwiskiem) w artykule pod tyt. „Urządzenia telekomunikacyjne dla potrzeb polskiej sieci energetycznej” (Przegl. Ele. tr., 1948, z. 1/2, str. 28).

nie stwarzał rzeczywistych warunków. Po włączeniu napięcia przewody zwierające stapały się, powstawał łuk elektryczny, a następnie wyłączano odcinek zaburzeniowy. Podczas całego okresu zaburzeniowego rejestrowano na wszystkich stacjach zachowanie się przekładników odbiorczych zabezpieczeniowych w przystawkach zabezpieczeń wybiórczych oraz mierzone wielkość natężenia prądu zaburzeniowego (który wynosił  $300 \div 1100$  A). Ponadto rejestrowano na stacji 1B przebieg napięć odbieranych z obu kierunków: HFR (o częstotliwości odbieranej fali nośnej) za pośrednictwem filtru pasmowego o szerokości pasma 6 kc/s oraz MFR (o częstotliwości pośredniej 30 kc/s) za pomocą filtru wąskopasmowego. Wszystkie urządzenia pomiarowe były uruchamiane zdalnie za pomocą impulsu wysłanego ze stacji 1A, krótko przed włączeniem napięcia roboczego.

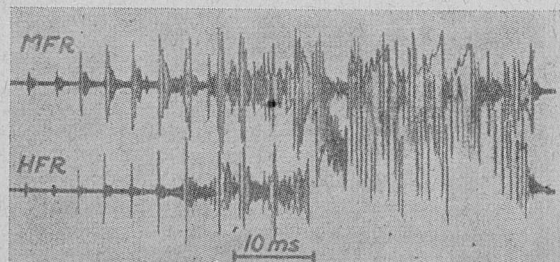
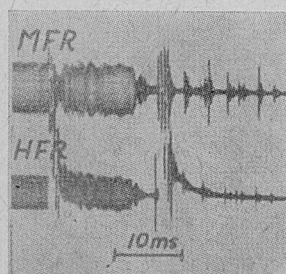
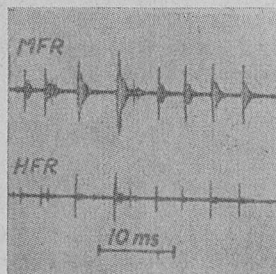
Drugi układ pomiarowy (rys. 2) również wykonano na sieci 220-kilowoltowej, przy czym zasilanie odbywało się z dwóch stacji: 2A i 2C. Zaburzenie polegało na zwarciu ze sobą oraz z uziemieniem przewodów linii będącej pod napięciem roboczym, za pomocą cienkich drutów, przyłączonych do odłącznika z uziemiaczem. Pomiary wykonywano podobnie jak w pierwszym układzie. Natężenie prądu zaburzeniowego wynosiło tu  $500 \div 700$  A.

Trzeci układ pomiarowy (rys. 3) wykonany był na sieci 132 kV. Zasilanie odbywało się ze stacji 3A i 3C. Rodzaje zaburzeń oraz pomiarów były takie, jak w drugim układzie pomiarowym. Natężenie prądu zaburzeniowego wynosiło ok. 100 A.

W sumie wykonano no powyższych układach pomiarowych 50 zwarć doświadczalnych.

b) **A n a l i z a z a k ł ó c e ń.** Zakłócenia powodują fałszywe działanie zabezpieczeń wybiórczych w cz. w dwóch przypadkach: 1) jeżeli w momencie przesyłania sygnału operacyjnego (przerwa fali nośnej) powstanie napięcie zakłócające o częstotliwości fali nośnej, imitujące przerwę fali nośnej, 2) jeżeli napięcie zakłócające spowoduje przerwę w odbiorze fali nośnej na sąsiednich odcinkach linii.

Wyniki pomiarów z trzech wymienionych wyżej układów doświadczalnych są między sobą prawie zgodne mimo różnic schematowych. Stwierdzono, że zakłócenia powstałe podczas działania wyłączników mają inny charakter i są znacznie groźniejsze od zakłóceń wywołanych przez łuk elektryczny. Dla zanalizowania charakteru samych zakłóceń podano na rys. 4 trzy typowe oscylogramy za filtrem HFR i MFR, przy wyłączonej fali nośnej na obu końcach odcinka. Oscylogramy te zdjęto w trzecim układzie doświadczalnym (rys. 3) na stacji 3A. Czułość odbiornika w cz. była zachowana stała, a mianowicie taka, jak w normalnych warunkach przy odbiorze fali nośnej (ok. 0,5 V). Odcinek 3A — 3B pracował w układzie jednofazowym. Zaburzenie wyło wykonane w sposób podany w opisie trzeciego układu, lecz nie wykonano połączenia zwartych przewodów z uziemieniem. W początkowym i końcowym okresie zaburzenia napięcia zakłócające miały amplitudę wielokrotnie większą od napięcia fali nośnej, odbieranego przed zaburzeniem.

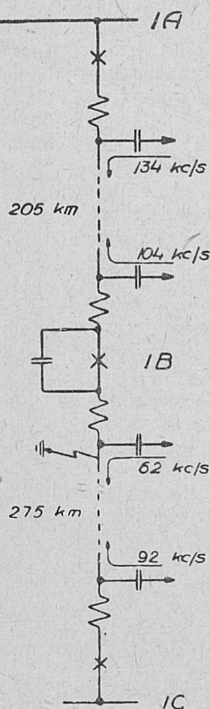


Rys. 4. Przebiegi zakłóceń w początkowym (a), środkowym (b) i końcowym (c) okresie zaburzenia

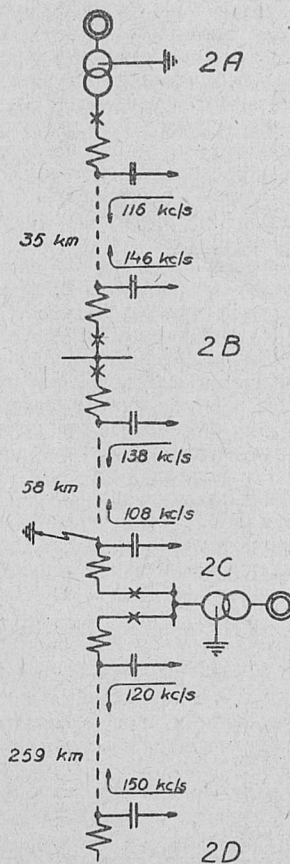
W początkowym okresie zaburzenia (zwarcie przewodów pod napięciem, rys. 4a) wystąpiły dwa silne impulsy zakłócające wskutek tego, że zaburzenie nie nastąpiło ściśle jednocześnie na wszystkich fazach. W przypadku stosowania posobnych kon-

densatorów w przewodach linii (pierwszy układ na rys. 1) znaczne zakłócenia występują również wskutek wyładowań na ochronnikach napięciowych tych kondensatorów. Wyładowania te występują po ok. 10 ms od chwili zwarcia, a każde wyładowanie powoduje zakłócenia trwające 2 — 3 ms.

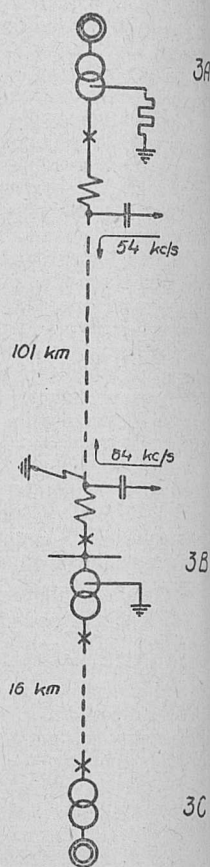
W środkowym okresie zaburzenia (łuk elektryczny, rys. 4b) powstają znacznie słabsze zakłócenia. Występują one jako bardzo krótkie impulsy drgań pasożytniczych. Prąd łuku elektrycznego jest przerywany w każdej fazie  $2 \times 50$  razy na sekundę, a zatem impulsy drgań pasożytniczych, pochodzące od



Rys. 1. Układ pomiarowy I



Rys. 2. Układ pomiarowy II



Rys. 3. Układ pomiarowy III

wszystkich faz, występują  $3 \times 2 \times 50 = 300$  razy na sekundę, tj. mniej więcej co 3 ms. Badania wykazały, że zakłócenia pochodzące od łuku nie wzrastają przy wydłużaniu się łuku elektrycznego, tzn. w funkcji czasu, nawet przy bardzo długo utrzymującym się łuku ( $3 \div 4$  s).

W końcowym okresie (wyłączenie napięcia roboczego, rys. 4c) występują znaczne zakłócenia wskutek łuku elektrycznego pomiędzy stykami wyłączników. Szczególnie silne zakłócenia — znacznie większe od normalnego napięcia fali nośnej — są widoczne na rys. 4c przy wyłączeniu lokalnego wyłącznika, który zaczął wyłączać ok. 25 ms później niż wyłącznik na dru-

gim końcu odcinka. Zakłócenia te występują z przerwami wynoszącymi ok. 3 ms. Czas trwania tych zakłóceń jest ściśle równy czasowi palenia się łuku elektrycznego w wyłączniku (ok. 50 ms). Jeżeli trzy bieguny wyłącznika nie wyłączają je-



dnocześnie, lecz kolejno jeden za drugim, wówczas w najgorszym przypadku zakłócenia trwają ok. trzech razy dłużej niż wynosi czas palenia się łuku na każdym biegunie wyłącznika.

Na rys. 5 podano typowy przebieg napięć  $MFR$  przy badaniach według drugiego układu doświadczalnego. Zaburzenie polegało na uziemieniu jednej fazy. Górny wykres ( $MFR_A$ ) podaje napięcie  $MFR$  odbierane w stacji  $2B$  od strony stacji  $2A$ , a dolny ( $MFR_C$ ) — od strony stacji  $2C$ . Na odcinku  $2B - 2C$  była wyłączona fala nośna. Na sąsiednim odcinku  $2B - 2A$  wysyłana fala nośna ulegała zniekształceniu wskutek napięć zakłócających, pochodzących od odcinka zaburzeniowego. Zakłócenia odebrane na odcinku  $2B - 2C$  ( $MFR_C$ ) były znacznie większe niż na odcinku sąsiednim  $2B - 2A$  ( $MFR_A$ ), gdyż w momencie wyłączenia fali nośnej czułość odbiornika zwiększyła się.

Wnioski z otrzymanych oscylogramów: 1) amplitudy napięć zakłócających, odebranych za pośrednictwem filtru o szerokości pasma 6 kc/s, są na ogół znacznie większe od napięć fali nośnej; dotyczy to zarówno odcinka zaburzeniowego, jak i najbliższych, sąsiednich odcinków linii dla wszystkich trzech układów doświadczalnych; 2) przy włączeniu i wyłączaniu obwodu zaburzeniowego występują silne zakłócenia w całym zakresie częstotliwości 50 ÷ 150 kc/s. Stwierdzono to na podstawie badań przy 10 różnych częstotliwościach nośnych.

Dalsze badania poświęcono ochronnikom napięciowym w urządzeniach zabezpieczających  $VP$ , umieszczonym pomiędzy kondensatorami a filtrem liniowym. Przy włączeniu i wyłączaniu obwodu zaburzeniowego oraz przy zmianie rodzaju zaburzenia (np. z 2-fazowego na 3-fazowy) występował zwykle przeskok iskry na tych ochronnikach. Czas trwania przeskoku wynosił kilka milisekund. Prąd powstały podczas przeskoku zawierał składowe o bardzo wielkiej częstotliwości, a jego natężenie nie przekraczało 20 A. Wielkość oraz czas trwania zakłóceń był w dużym stopniu niezależny od prądu zaburzeniowego w linii (w zakresie 100 ÷ 1000 A). Większość badań przeprowadzono przy zwartej linii, w dwóch zaś przypadkach przy włączeniu otwartej linii. W tych dwóch ostatnich przypadkach nie wystąpił przeskok w ochronnikach napięciowych urządzeń  $VP$ . W jednym z tych przypadków, przy wyłączonej fali nośnej i przy największej czułości odbiornika, zakłócenia były tak silne, że przełącznik odbiorczy zabezpieczeniowy zadziałał fałszywie, a w drugim, przy wysyłanej fali, nie wystąpiło fałszywe działanie przełącznika. Przeskoki iskier w ochronnikach napięciowych urządzeń  $VP$  powodują stłumienie fali nośnej. Jak się okazało, nie jest to groźne, gdyż przeskoki iskier trwają bardzo krótko, a poza tym w czasie przeskoku powstają napięcia o wielu różnych częstotliwościach, między innymi napięcie zastępcze o częstotliwości fali nośnej.

Przeprowadzono również badania charakteru zakłóceń na dwóch równoległych torach linii przesyłowej o długości 100 km. Odstęp pomiędzy najbliższymi przewodami obu torów wynosił 6 m na całej długości linii. Jeden tor pracował normalnie pod napięciem, drugi był wyłączony na obu końcach i zasilany w punkcie odległym o ok. 20 km od jednego z końców. W punkcie tym nastąpiło zaburzenie w postaci zwarcia, co spowodowało tylko spadek napięcia na linii. Przy włączeniu i wyłączaniu układu zaburzeniowego powstały silne zakłócenia w urządzeniach w. cz. na obu równoległych torach. Zakłócenia te były prawie tej samej wielkości w obu torach i prawie tego rzędu, jak gdyby zwarcie nastąpiło wprost na jednej linii przy przepływie prądu roboczego.

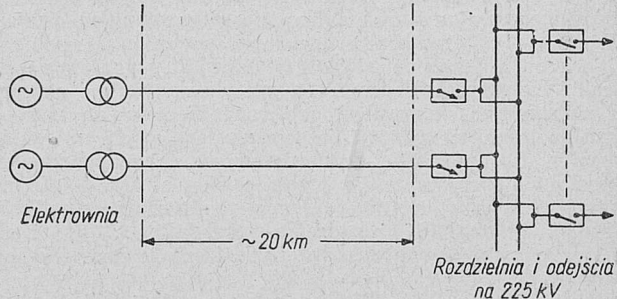
W trzecim układzie doświadczalnym przeprowadzono porównanie sprzężenia jednofazowego i międzyfazowego urządzeń w. cz. z linią wysokiego napięcia pod względem charakteru zakłóceń podczas zaburzenia. Jak wiadomo, w układzie międzyfazowym stosunek sygnału do zakłóceń jest prawie dwukrotnie większy (z powodu ok. dwukrotnie większego napięcia odbieranego przy tej samej mocy wysyłanej), niż w układzie jednofazowym. Nie stwierdzono tu jednak widocznej różnicy pod względem czasu trwania fałszywego działania przełącznika odbiorczego zabezpieczeniowego. Spowodowane to było prawdopodobnie tym, że zakłócenia przy włączeniu i wyłączaniu były tak duże, iż w obu układach oddziaływały prawie je-

dnakowo, a zakłócenia wskutek łuku elektrycznego nie wywływały fałszywego działania przełącznika. Należy przypuszczać, że tam, gdzie poziom odbierany będzie miał krytyczną wielkość, układ międzyfazowy będzie korzystniejszy.

c) Wpływ zakłóceń na urządzenie w. cz. Badania wykazały, że zakłócenia podczas trwałego łuku elektrycznego na linii mogą tylko wtedy spowodować niepożądane działanie przełącznika odbiorczego zabezpieczeniowego w urządzeniach  $ZCK 10$ , gdy odbiornik pracuje przy dużej czułości (na długich odcinkach linii) i gdy zaburzenie występuje w pobliżu odbiornika. Ponadto wpływ zakłóceń zależy od tego, czy odbiornik ma samoczynną regulację poziomu odbieranego. Zakłócenia od łuku elektrycznego nie powodują fałszywego działania przełącznika, jeżeli odbierane napięcie fali nośnej jest większe od ok. 0,1 V. Na odcinkach sąsiednich zakłóceń od łuku elektrycznego w ogóle nie są groźne.

Badania według pierwszego i drugiego układu doświadczalnego wykazały, że zakłócenia przy włączeniu i wyłączaniu obwodu zaburzeniowego powodują fałszywe działanie przełączników zabezpieczeniowych zarówno na odcinku zaburzeniowym, jak też na odcinkach sąsiednich. Opóźnienie działania przełącznika zabezpieczeniowego i całego układu odbiorczego urządzenia  $ZCK 10$  przy wyłączeniu fali nośnej wynosi ok. 8 ms, a przy włączeniu fali nośnej — ok. 10 ms. W pewnych przypadkach jednak zachodziło fałszywe działanie przełącznika nawet wtedy, gdy czas trwania zakłóceń był znacznie krótszy od 8 ÷ 10 ms. Spowodowane to było zablokowaniem lamp odbiorczych przez duże napięcia zakłócające. Przez zmniejszenie stałej czasu obwodów siatkowych udało się usunąć fałszywe działanie przełącznika zarówno na odcinku zaburzeniowym, jak i na odcinkach sąsiednich.

Gdy — jak to jest w urządzeniach  $ZCK 10$  — fala nośna jest użyta jednocześnie do samoczynnej regulacji poziomu oraz do przesyłania sygnału operacyjnego, wówczas może wystąpić groźna sytuacja na odcinkach zaburzeniowych, gdyż zakłócenia przy włączeniu i wyłączaniu mogą spowodować stłumienie fali nośnej i opóźnić działanie sygnału operacyjnego. Przy nienor-



Rys. 6. Uproszczony schemat pracy elektrowni z odległą rozdzielnią

malnie dużej czułości odbiornika oraz przy niekorzystnym miejscu zaburzenia istnieje teoretycznie możliwość, że sygnał operacyjny wysłany na odcinku zaburzeniowym będzie stracony. Niebezpieczeństwo to można znacznie zmniejszyć stosując metody zapobiegawcze, podane niżej.

d) Metody zmniejszenia wpływu zakłóceń. Praktyczne metody zmniejszenia wpływu zakłóceń są następujące:

- 1) Poziom odbieranej fali nośnej powinien być możliwie największy; dlatego też korzystne jest stosowanie sprzężenia międzyfazowego.
- 2) Czułość odbiornika nie powinna wzrastać przy przerwie fali nośnej w czasie wysyłania impulsu operacyjnego.
- 3) Odbiornik powinien mieć własności wyborcze ze względu na pożądaną krótki okres narastania sygnału.
- 4) Rozwiązanie układu zabezpieczeń powinno być takie, aby zakłócenia powstałe przez wyłączenie odcinka zaburzeniowego na jednym końcu linii nie opóźniły właściwego wyłączenia na drugim końcu. Dlatego też w tych układach zabezpieczeniowych, w których sygnały operacyjne nie są wysyłane dokładnie w tym samym czasie z obu stron odcinka (np. w układach zabezpieczeń z wyłączeniem uzależnionym) należy stosować odpowiednią formę i czas trwania sygnału.

Jeżeli zachowane będą odpowiednie warunki przy projektowaniu układu zabezpieczeń oraz urządzeń w. cz. pracujących na zasadzie prądu ciągłego, to zakłócenia powstałe podczas zaburzeń nie powinny być szkodliwe.

### 3. Nowe zastosowanie łączy wielkiej częstotliwości na liniach przesyłowych wysokiego napięcia [4].

Zdarzają się przypadki, w których przyłączenie elektrowni do linii przesyłowej układu energetycznego za pośrednictwem — jak to zwykle bywa — odpowiedniej lokalnej rozdzielni, wyposażonej poza transformatorami w pełny komplet aparatów wysokiego napięcia, bywa utrudnione np. przy elektrowniach wodnych, położonych w bardzo wąskich dolinach wśród gór, albo też gdy względy oszczędności w inwestycjach i potrzeby ruchu wskazują na celowość skoncentrowania w jednej rozdzielni obsługi ruchu kilku stosunkowo blisko siebie położonych elektrowni. W tego rodzaju sytuacjach zachodzi konieczność zastosowania pomiarów zdalnych, kontrolowania i sterowania zdalnego przy użyciu urządzeń o niezawodnym działaniu nawet w przypadkach występowania poważnych zakłóceń.

Opisany w referacie system sterowania i kontrolowania zdalnego dotyczy elektrowni wodnej w Chastang, o produkcji rocznej 540 mln. kWh, wyposażonej w 2 prądnice po 90 MVA w układzie blokowym z dwoma transformatorami o przekładni 15/225 kV. Rozdzielnia dla strony 225-kilowoltowej znajduje się w Breuil w odległości ok. 20 km (rys. 6).

Zadania postawione urządzeniom telekomunikacyjnym na odcinku Chastang-Breuil są następujące: 1) szybko działające i jak najbardziej niezawodne wyłączanie zdalne wyłączników na 225 kV w Breuil, sterowanych zabezpieczeniami elektrowni Chastang oraz odbudowanie zdalne prądnice w Chastang, sterowane zabezpieczeniami rozdzielni w Breuil; 2) ręczne sterowanie zdalne wyłączników i kontrolowanie zdalne aparatów na 225 kV, ciągły pomiar zdalny napięcia szyn zbiorczych oraz zdalne włączanie zespołów generatorowych; 3) dwustronna nienaganna łączność telefoniczna.

Trudności terenowe, oporność gruntu i poziom napięć indukowanych wykluczyły alternatywę łączy kablowych. Zbyt mała pewność działania i trudności uzyskania wolnych pasm częstotliwości wpłynęły na odrzucenie również alternatywy łączy radiowych.

Jako jedyny właściwy rodzaj łączy uznano łączy w. cz. na przewodach wysokiego napięcia pod warunkiem, że będzie zastosowany system urządzeń całkowicie niezawodny w działaniu i spełniający następujące podstawowe warunki: 1) odbiornik nie powinien praktycznie odbierać fałszywych sygnałów na skutek zakłóceń pasożytniczych; 2) sygnały sterowania i zabezpieczeń wyborczych muszą być odbierane niezawodnie nawet w przypadku zakłóceń pasożytniczych występujących na wejściu odbiornika; 3) opóźnienie działania urządzeń nie powinno być większe od 1 do 2 okresów prądu o 50 c/s ( $20 \div 40$  ms); 4) urządzenia powinny mieć elementy rezerwowe (nadajniki, odbiorniki, przekładniki, urządzenia sprzęgające itd.), uruchamiane samoczynnie w przypadku uszkodzenia elementów będących w pracy.

Obserwacja pracy zwykłych urządzeń w. cz. i badania dokonane przez autorów wykazały, że urządzenia te nie spełniają postawionych warunków ze względu na uzielenie na impulsy drgań pasożytniczych (wyładowania atmosferyczne i uszkodzenia urządzeń energetycznych wys. nap.).

Nowy system przesyłania sygnałów w sposób niezawodny, niezależnie od zakłóceń pasożytniczych, oparty jest na zasadzie porównawczo-fazowej<sup>1)</sup>. System ten polega na przesyłaniu dwoma kanałami wąskopasmowymi dwóch różnych częstotliwości akustycznych, stosunkowo bliskich sobie, modulowanych częstotliwością 50 c/s. Na stacji odbiorczej napięcia o częstotliwości 50 c/s odbierane z obu kanałów są doprowadzone do przekładnika porównawczo-fazowego. Jeżeli napięcia są zgodne w fazie, wówczas przekładnik ten nie zadziała, natomiast będzie on działał przy napięciach skierowanych przeciwnie pod względem fazy.

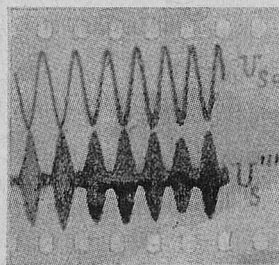
Na rys. 7 podano przebieg napięcia odbieranego według tego systemu na wyjściu filtru akustycznego na 2580 c/s ( $U_s'''$ ) oraz napięcia 50 c/s, doprowadzonego do przekładnika porównawczo-fazowego ( $U_{so}$ ). Przebiegi powyższe zarejestrowano przy wartości szczytowej napięcia sygnału na zaciskach wejściowych odbiornika równej 6 V oraz przy wartości szczytowej napięcia zakłócającego 150 V. Jak wynika z oscylogramu, zakłócenie nie zniekształcało przebiegu napięcia odbieranego o częstotliwości 50 c/s.

Obydwa kanały użyte do transmisji mają jednakową szerokość pasma przenoszonego, jednakową konstrukcję oraz stosunkowo bliskie środkowe częstotliwości przenoszenia. Wobec tego w czasie nieprzesyłania sygnału operacyjnego i zjawienia się

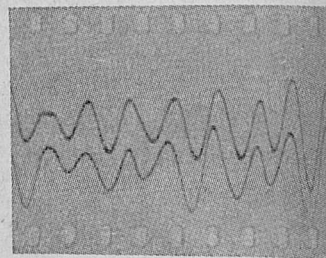
impulsów zakłócających mają jednakowe charakterystyki fazy. Zatem otrzymane po detekcji przebiegi napięcia o częstotliwości 50 c/s powstałe pod wpływem zakłóceń są identyczne (rys. 8) i nie uruchomią przekładnika porównawczo-fazowego. System porównawczo-fazowy pozwala na ciągłe przesyłanie sygnałów (50 c/s) w obu kanałach (zgodnych w fazie lub odwrotnych), dzięki czemu możliwa jest stała kontrola działania tych kanałów. Opóźnienie działania przy przesyłaniu sygnału operacyjnego według tego systemu wynosi tylko  $1 \div 1,5$  c/s.

Mimo dużej pewności działania urządzeń telekomunikacyjnych wykonanych według podanych wyżej zasad zastosowano specjalne urządzenie zwierające po stronie 225 kV transformatorów w Chastang, przeznaczone do uziemienia wszystkich faz w przypadku, gdy przy przesyłaniu sygnału operacyjnego zaawiduje aparatura teletransmisyjna. Zwarcie faz z ziemią za pomocą tego urządzenia spowoduje działanie zabezpieczeń w Breuil i wyłączenie odpowiedniego wyłącznika.

Nowe urządzenie teletransmisyjne poddano następującym próbom: 1) zwarciu w pobliżu Breuil (drugie przęsło) jednej fazy, nie wykorzystanej do teletransmisji; 2) zwarciu jak wyżej, lecz



Rys. 7



Rys. 8

Rys. 7. Przebieg napięcia odbieranego na wyjściu filtru akustycznego na 2580 c/s ( $U_s'''$ ) oraz napięcia o częstotliwości 50 c/s doprowadzonego do przekładnika porównawczo-fazowego ( $U_{so}$ )

Rys. 8. Przebiegi napięć o częstotliwości 50 c/s w obu kanałach na zaciskach przekładnika porównawczo-fazowego podczas impulsów zakłócających

na fazie wykorzystanej do teletransmisji; 3) zwarciu poza odcinkiem linii, na fazie użytej do teletransmisji; 4) zwarciu wszystkich faz za pomocą specjalnego urządzenia zwierającego w Chastang przy umyślnie unieruchomionej aparaturze teletransmisyjnej. Próby dały pomyślne wyniki.

Koszt wszystkich urządzeń transmisyjnych użytych w omawianym przypadku wyniósł 75% kosztów inwestycyjnych, które należałoby ponieść przy budowie dwóch cel 225-kilowoltowych w pobliżu elektrowni.

W dyskusji przeciwstawiono opisanemu systemowi system prądu roboczego, stosowany w Wielkiej Brytanii. W systemie tym sygnały w. cz. są wysyłane na linię tylko po zjawieniu się zaburzenia. Dzięki temu napięcia indukowane oraz napięcia powstałe pod wpływem przebiegów nieustalonych nie wywierają wpływu na pracę zabezpieczeń wyborczych w. cz.

#### 4. Pomiary zakłóceń odbioru radiowego w pobliżu doświadczalnej linii przesyłowej na 275 kV [3].

W celu bliższego wyjaśnienia niezupełnie jeszcze zbadanego zagadnienia zakłóceń służb radiokomunikacyjnych przez linie przesyłowe wysokiego napięcia dokonano licznych badań na linii doświadczalnej na 250 — 300 kV wybudowanej w 1949 r. w Leatherhead.

W referacie opisano konstrukcję odcinka linii doświadczalnej i podano szereg liczb, charakteryzujących elektryczną stronę pracy tej linii. Opisano aparaturę w. cz. użytą do badań i pomiarów. Przeanalizowano szereg rodzajów zakłóceń w różnych zakresach częstotliwości (dla dźwięku i dla wzroku).

#### 5. Pomiary zakłóceń odbioru radiowego, wywołanych przez linie przesyłowe bardzo wysokiego napięcia 500 kV [4].

Zagadnienie zakłóceń odbioru radiowego przez linie przesyłowe pod wpływem zjawisk ulotu jest znacznie poważniejsze od zagadnienia strat energetycznych wskutek ulotu. Dlatego też zakłócenia są czynnikiem ograniczającym w praktyce napięcie robocze danej linii przesyłowej.

Dla zanalizowania zakłóceń odbioru radiowego wykonano szereg badań na linii doświadczalnej na 500 kV w Chevilly. Ponadto zbadano jeszcze zakłócenia dla kilku linii przesyłowych na 150 kV i 220 kV we Francji.

<sup>1)</sup> Chevallier A. Protection phasométrique par courants porteurs pour lignes et câbles à haute tension. Bull. de la Soc. Fr. des Electr., VI—VII, 1946.



Przeprowadzono teoretyczną analizę zakłóceń i wpływu ich na urządzenia radioodbiornicze. Podano wyniki otrzymane z pomiarów przy różnych warunkach atmosferycznych. Wyprowadzono wzory do obliczania wielkości pola zakłócającego.

6. Wyzyskanie linii 220-kilowoltowej do celów radiofonii w Szwecji [5].

Nowa metoda zwalczania zakłóceń w radiofonii, pochodzących od linii przesyłowych wysokiego napięcia, polega na wykorzystaniu zakłócających linii przesyłowych jako anten do nadawania z odpowiednio wyższą mocą w cz. programów radiofonicznych. Jest to więc metoda zagłuszania zakłóceń w pobliżu linii przesyłowych.

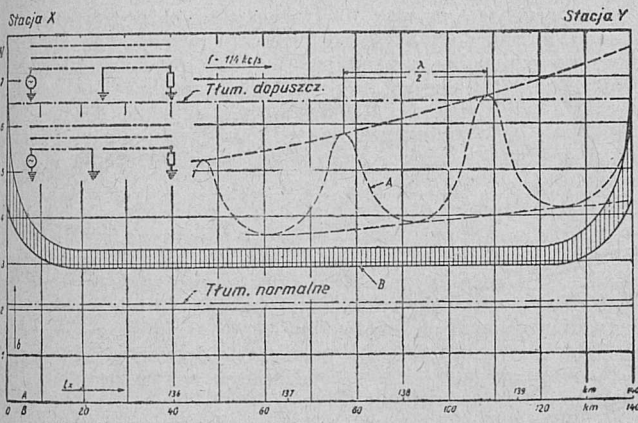
Badania rozpoczęte w 1947 r. były prowadzone głównie na linii 220-kilowoltowej Stadsforsen — Ange — Hallsberg przez Zarząd Energetyczny wspólnie z Zarządem Telefonów i Zarządem Sieci Telefonicznej i Radiofonicznej.

Podano sposób sprzęgania odpowiedniego nadajnika z linią oraz dobór mocy tego nadajnika. Uzyskane w Szwecji wyniki określa się jako bardzo korzystne i obecnie instaluje się podobne urządzenia dla szeregu linii.

W dyskusji podkreślono jednak ujemną stronę ekonomiczną metody i wyrażono opinię, że pogląd o wysokim wpływie zakłócającym jest raczej przesadny.

7. Pochodzenie i rozchodzenie się drgań wielkiej częstotliwości, wytwarzanych przez przekształtniki jonowe sterowane napięciem siatki [6].

Badania nad pochodzeniem i rozchodzeniem się drgań pasożytniczych w cz., zaobserwowanych przypadkowo w pobliżu przekształtników jonowych, dokonane zostały przez zakłady Secheron w Genewie.



Rys. 9. Przebieg tłumienia linii przesyłowej 150-kilowoltowej w zależności od miejsca jednostronnego uziemienia jednego przewodu w systemie sprzężenia jednofazowego

Instalacje prostownikowe wytwarzają zakłócenia tylko w sporadycznych przypadkach. Natomiast przekształtniki sterowane napięciem siatki, falowniki oraz przetworniki częstotliwości mogą wytwarzać zakłócenia od strony prądu stałego, a drgania pasożytnicze, zakłócające odbiór radiowy, rozchodzą się również wzdłuż linii trójfazowych, zasilających te urządzenia.

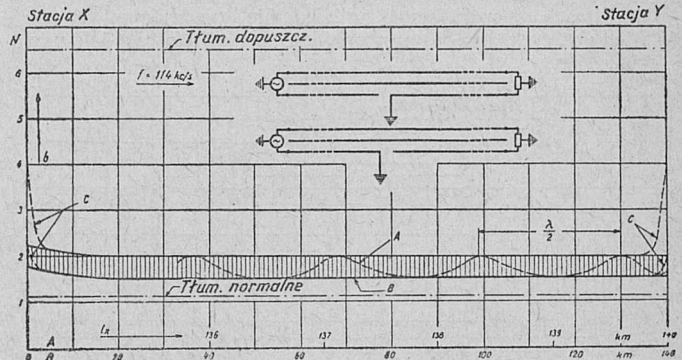
Na tle opisu przeprowadzonych badań i ich dyskusji podano układy filtrów przeciwzakłóceńowych.

8. Rozchodzenie się zakłóceń, wytwarzanych przez aparaty elektryczne w cz., w przestrzeni i w sieci oraz nowa metoda pomiaru tych zakłóceń [7].

W celu ustalenia międzynarodowej metody pomiaru zakłóceń w cz. wytwarzanych przez aparaty elektryczne międzynarodowy specjalny komitet do spraw zakłóceń radiowych (CISPR) opublikował w 1939 r. specyfikację urządzenia do pomiaru składowej symetrycznej i niesymetrycznej napięć zakłócających, wysyłanych bezpośrednio przez aparaty elektryczne do sieci. Do tej pory jednak nie ustalono dopuszczalnego natężenia pola elektrycznego, magnetycznego czy elektromagnetycznego, wytwarzanego przez aparaty zakłócające. Zdaniem autorów istnieją pewne przyczyny prawie uniemożliwiające wykonanie tego zadania. Referat podaje metodę zastępczą, polegającą na ustaleniu wielkości prądu ziemnego w cz., płynącego między źródłem zakłócającym a uziemieniem, zamiast określania wielkości natężenia pola.

9. Wpływ uszkodzeń linii przesyłowych na teletransmisję wielkiej częstotliwości [8] <sup>1)</sup>.

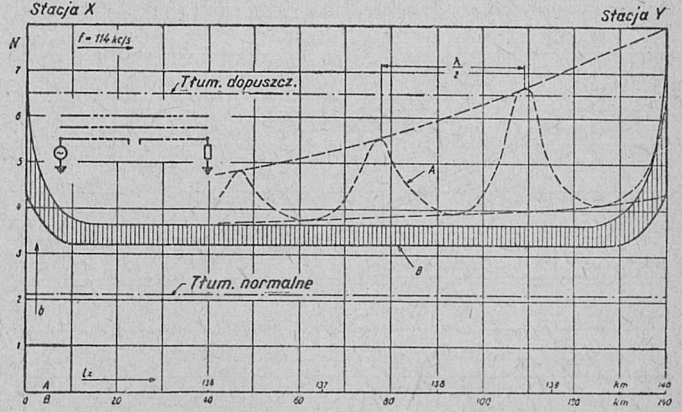
W swych referatach, zgłoszonych na MKWSE w latach 1948 i 1950 <sup>2)</sup>, autor rozpatrzył zagadnienie tłumienia prądów w cz. na linii przesyłowej w przypadku uszkodzeń polegających na uziemieniu jednego lub wszystkich przewodów. Niniejszy referat stanowi dokończenie cyklu zagadnień dotyczących wpływu uszkodzeń linii przesyłowych na teletransmisję w cz. i zawiera analizę pozostałych rodzajów uszkodzeń, tj. jednostronnego uziemienia oraz przerwy przewodów. Badania wpływu tych uszkodzeń na teletransmisję przeprowadzono na odcinku linii przesyłowej izolowanej na 150 kV, a pracującej pod napięciem 110 kV, o długości 140 km. Odcinek ten zbudowany jest jako linia 3-fazowa jednotorowa o przekroju przewodów ok. 240 mm<sup>2</sup> Al. Częstotliwość pomiarowa wynosiła 114 kc/s.



Rys. 10. Przebieg tłumienia linii przesyłowej 150-kilowoltowej w zależności od miejsca jednostronnego uziemienia jednego przewodu w systemie sprzężenia międzyfazowego

a) Wpływ jednostronnego uziemienia jednego przewodu. W systemie sprzężenia jednofazowego najgroźniejsze dla teletransmisji jest jednostronne uziemienie przewodu czynnego, do którego przyłączone są urządzenia w cz. Badania przeprowadzono dla takiego właśnie przypadku.

Na rys. 9 przedstawiony jest wynik badań pod postacią charakterystyki tłumienia *b* linii wysokiego napięcia przy jednostronnym uziemieniu przewodu czynnego w danym punkcie linii w zależności od odległości *l<sub>x</sub>* tego punktu od końca nadawczego. Dla dokładniejszego przedstawienia przebiegu tłumienia linii badanej podano go od strony stacji Y w rozciągniętej skali długości (krzywa A na rys. 9). Jak widać z krzywej, tłumienie linii ulegało zmianom falowym w zależności od tego, w którym miejscu występowało jednostronne uziemienie.



Rys. 11. Przebieg tłumienia linii przesyłowej 150-kilowoltowej w zależności od miejsca przerwy jednego przewodu w systemie sprzężenia jednofazowego

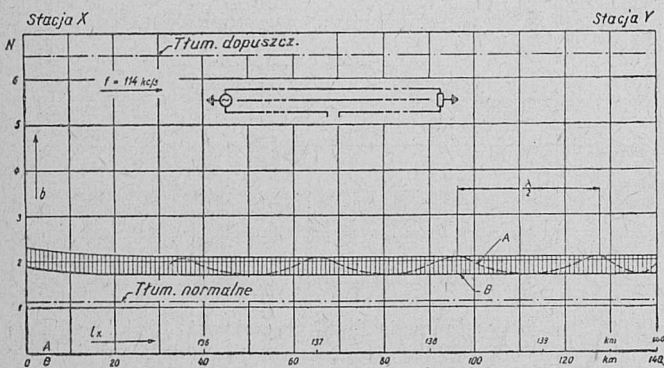
Falowy przebieg charakterystyki tłumienia wywołany jest odbiciem fali w punkcie jednostronnego uziemienia i powstaniem fali stojącej. Krzywa B na rys. 9 przedstawia przebieg tłumienia dla całego odcinka pomiędzy stacjami X i Y. Ze względu na zagęszczenie skali długości zmiany falowe krzywej tłumienia

<sup>1)</sup> Referat autora, zgłoszony pod jego poprzednim nazwiskiem (H. Kühn). Pełny tekst ob. w Pracach Przem. Inst. Telekom. nr 10.  
<sup>2)</sup> Por. Przegl. Elektr., 1949, z. 10/11/12, str. 383, oraz Przegl. Elektr., 1951, z. 9, str. 370.

mienia przedstawione są to w postaci pola zakreskowanego, obejmującego zakres zmian tłumienia. Z podanej charakterystyki wynika, że przy jednostronnym uziemieniu jednego przewodu w środkowej części odcinka przyrost tłumienia zmienia się w granicach od 0,8 do 1,2 N. Przy jednostronnym uziemieniu jednego przewodu w pobliżu końców odcinka charakterystyka tłumienia podnosi się ku górze i osiąga najwyższą wartość na końcach odcinka. W przypadku jednostronnego uziemienia jednego przewodu w dowolnym punkcie linii urządzenia telefoniczne w. cz. zainstalowane na stacjach X i Y działały dostatecznie pewnie.

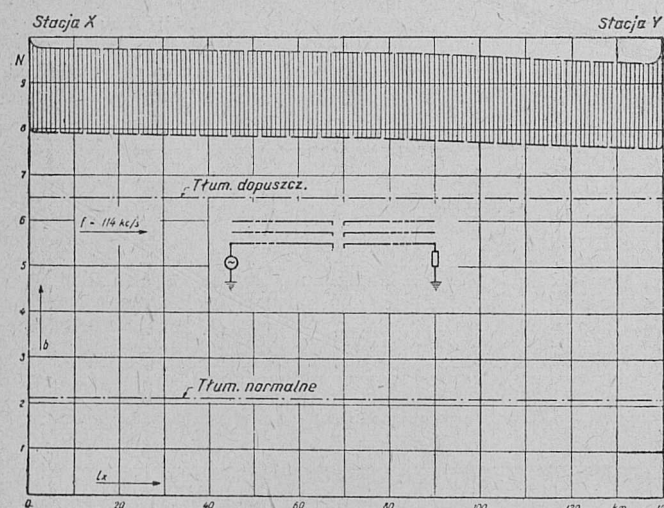
Na rys. 10 podany jest przebieg tłumienia linii przesyłowej przy jednostronnym uziemieniu jednego przewodu w systemie sprzężenia międzyfazowego. Krzywa A przedstawia przebieg tłumienia od strony stacji Y w rozciągniętej skali długości. Krzywa B podaje tłumienie całego odcinka X — Y.

W filtrach sprzęgających w systemie międzyfazowym zwykle stosuje się transformatory w. cz., w których śródek uzwo-



Rys. 12. Przebieg tłumienia linii przesyłowej 150-kilowoltowej w zależności od miejsca przerwy jednego przewodu w systemie sprzężenia międzyfazowego

jenia od strony linii jest uziemiony. W tych przypadkach charakterystyka tłumienia przy jednostronnym uziemieniu jednego przewodu w pobliżu końców odcinka podnosi się ku górze po tej stronie, po której znajduje się uziemiony koniec przewodu uszkodzonego, albowiem uziemienie to stanowi zwarcie transformatora w. cz. Odpowiedni przebieg podaje krzywa przebiegu C na rys. 10.



Rys. 13. Przebieg tłumienia linii przesyłowej 150-kilowoltowej w zależności od miejsca przerwy wszystkich przewodów w systemie sprzężenia jednofazowego

Z porównania charakterystyki na rys. 9 dla systemu jednofazowego z charakterystyką na rys. 10 dla systemu międzyfazowego wynika, że jednostronne uziemienie jednego przewodu jest w systemie międzyfazowym mniej groźne niż w jednofazowym.

b) Wpływ jednostronnego uziemienia w wszystkich przewodach. W wyniku badań stwierdzono, że zarówno w systemie jednofazowym, jak też międzyfazowym tłumienie linii uszkodzonej w powyższy sposób

jest bardzo duże i przewyższa 9 N przy uszkodzeniu w dowolnym punkcie linii. Spowodowane jest to małym sprzężeniem indukcyjnym i pojemnościowym pomiędzy obu odcinkami linii uszkodzonej. Ze względu na niski poziom odbierany napięcie pomiarowych oraz wskutek napięć zakłócających wyznaczenie charakterystyki tłumienia było niemożliwe.

Jak wynika z przeprowadzonych badań, linia przesyłowa jednofazowa, w której w jakimkolwiek punkcie nastąpiło jednostronne uziemienie wszystkich przewodów, nie nadaje się do celów teletransmisji w. cz.

c) Wpływ przerwania jednego przewodu. Badania w systemie jednofazowym wykonano przy przerwaniu przewodu czynnego linii, którego uszkodzenie jest w danym przypadku najgroźniejsze. Na rys. 11 przedstawiony jest przebieg tłumienia linii w zależności od miejsca przerwania jednego przewodu. Jak widać z podanych krzywych, mają one charakter podobny do krzywych przedstawionych na rys. 9 dla jednostronnego uziemienia jednego przewodu. Przy przerwaniu jednego przewodu w środkowej części linii przyrost tłumienia zmienia się w granicach od 1,1 N do 1,5 N, tzn. jest większy niż przy jednostronnym uziemieniu jednego przewodu. W pobliżu końców linii przebieg charakterystyki przy przerwaniu przewodu jest analogiczny, jak dla jednostronnego uziemienia. Z przeprowadzonych badań wynika, że przy przerwaniu jednego przewodu w dowolnym punkcie linii w systemie jednofazowym urządzenia telefoniczne w. cz. działają dostatecznie pewnie.

Wyniki badań w systemie międzyfazowym przedstawiono na charakterystyce tłumienia skutecznego (rys. 12). Jest ona bardzo zbliżona do charakterystyki na rys. 10 dla jednostronnego uziemienia jednego przewodu. W odróżnieniu jednak od rys. 10 nie występuje tu gwałtowny wzrost tłumienia w pobliżu końców linii, wywołany przez transformatory w. cz. W porównaniu z charakterystyką na rys. 10 krzywa tłumienia przy przerwaniu jednego przewodu (rys. 12) przebiega wyżej tylko o 0,15 N. Zatem w przypadku przerwania jednego przewodu teletransmisja w. cz. na badanym odcinku linii przesyłowej w systemie sprzężenia międzyfazowego odbywała się zupełnie pewnie. Tłumienie linii przy przerwaniu jednego przewodu nie przewyższa tłumienia linii nie uszkodzonej w systemie sprzężenia jednofazowego.

d) Wpływ przerwania wszystkich przewodów (rys. 13). Ze względu na niski poziom odbierany i wskutek napięć zakłócających pomiary były mniej dokładne, niż przy wyznaczaniu poprzednich wykresów. Dlatego przebieg podany na rys. 13 ma charakter orientacyjny. Przy przerwaniu wszystkich przewodów linii przesyłowej w systemie jednofazowym tłumienie przekracza dopuszczalną wartość 6,5 N. Wskutek tego linia uszkodzona w powyższy sposób nie nadaje się do teletransmisji w. cz.

Wyniki pomiarów uzyskane przy badaniu systemu międzyfazowego podaje rys. 14. Wielkości tłumienia linii uszkodzonej są tu zbliżone do wyników podanych na rys. 13 dla systemu sprzężenia jednofazowego. Wobec powyższego przerwa wszystkich przewodów linii przesyłowej uniemożliwia teletransmisję w. cz. w obu systemach sprzężenia.

e) Wpływ przerwania i uziemienia obustronnego przewodów. Przerwa i uziemienie obustronne jednego przewodu wywierają analogiczny wpływ na teletransmisję w. cz., jak uziemienie obustronne jednego przewodu (PE, 1949, z. 10/11/12, str. 383) i dlatego nie będą tu omawiane. Niżej będzie uwzględniony najbardziej niekorzystny stan, tzn. przerwanie i uziemienie obustronne wszystkich przewodów.

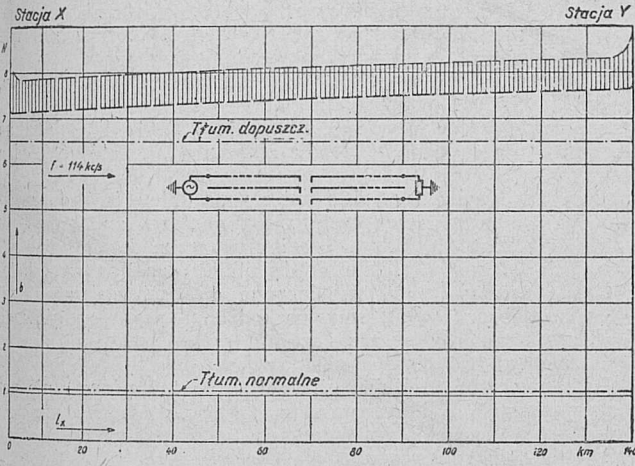
Uzyskane wyniki badań dla systemu jednofazowego przedstawiono na rys. 15. Krzywe podane na tym rysunku mają charakter orientacyjny. W przeciwieństwie do poprzednio opisanych charakterystyk tłumienia krzywa na rys. 15 w pobliżu końców odcinka przebiega niżej niż w środkowej części odcinka. Od strony stacji X spowodowane jest to większym prądem w. cz., płynącym w połączeniach uziemiających odcinka nadawczego. Prąd w. cz., który powstaje w odcinku odbiorczym, wywołany jest przez sprzężenie indukcyjne pomiędzy obu odcinkami linii. Zawiera on dwie składowe: quasi-symetryczną i niesymetryczną. Jeżeli uszkodzenie występuje z dala od końca odbiorczego linii, wówczas fala niesymetryczna nie dochodzi do odbiornika wskutek dużego tłumienia ziemi. Natomiast gdy miejsce uziemienia znajduje się blisko odbiornika, wtedy fala niesymetryczna dodaje się do fali quasi-symetrycznej w przewodzie czynnym i napięcie odbierane jest większe. W przewodach biernych występuje wtedy różnica prądów. Wskutek po-



wyższego zjawiska tłumienie linii przy uszkodzeniu w pobliżu końca odbiorczego jest mniejsze, niż w przypadku uszkodzenia w środkowej części linii. Z krzywej podanej na rys. 15 wynika, że przy zasięgu urządzeń nadawczo-odbiorczych równym 6,5 N telekomunikacja jest możliwa, ale tylko w tym przypadku, gdy miejsce uszkodzenia znajduje się blisko jednego z końców linii. Na podstawie porównania krzywych na rys. 13 i 15 można wywnioskować, że przy przerwie wszystkich przewodów warunki teletransmisyjne są gorsze niż przy przerwie i obustronnym uziemieniu wszystkich przewodów. Sprężenie pojemnościowe pomiędzy obu odcinkami linii, które występuje w pierwszym przypadku, wprowadza większe tłumienie niż sprężenie indukcyjne w przypadku przerwy i uziemienia obustronnego.

Na rys. 16 przedstawiona jest charakterystyka tłumienia linii w zależności od miejsca przerwy i obustronnego uziemienia wszystkich przewodów w systemie sprężenia międzyfazowego. Różnica w porównaniu z poprzednim wykresem polega głównie na tym, że w pobliżu końca odbiorczego tłumienie nie zmniejsza się. Spowodowane jest to znośnieniem się działania fali niesymetrycznej na zaciskach odbiornika. W pobliżu końca nadawczego charakter krzywej tłumienia jest podobny w obu systemach sprężenia. W porównaniu z przerwą przewodów (rys. 14) przerwa i obustronne uziemienie wszystkich przewodów są nieco mniej niekorzystne pod względem teletransmisyjnym. Charakterystyczną cechą jest to, że przy uszkodzeniu w pobliżu końca odbiorczego tłumienie linii jest większe w systemie międzyfazowym niż w systemie jednofazowym o wielkość ok. 0,4 N. Stan taki wywołuje fala niesymetryczna, powstająca w miejscu uszkodzenia.

f) W n i o s k i. Z badań wpływu uszkodzeń linii przesyłowych na teletransmisję w. cz., opisanych w niniejszym referacie oraz w referatach poprzednich, wynika, że do najgroźniejszych uszkodzeń linii zalicza się przede wszystkim jednostronne uziemienie wszystkich przewodów oraz przerwa wszystkich przewodów. Przy takich uszkodzeniach, jeżeli urządzenia



Rys. 14. Przebieg tłumienia linii przesyłowej 150-kilowoltowej w zależności od miejsca przerwy wszystkich przewodów w systemie sprężenia międzyfazowego

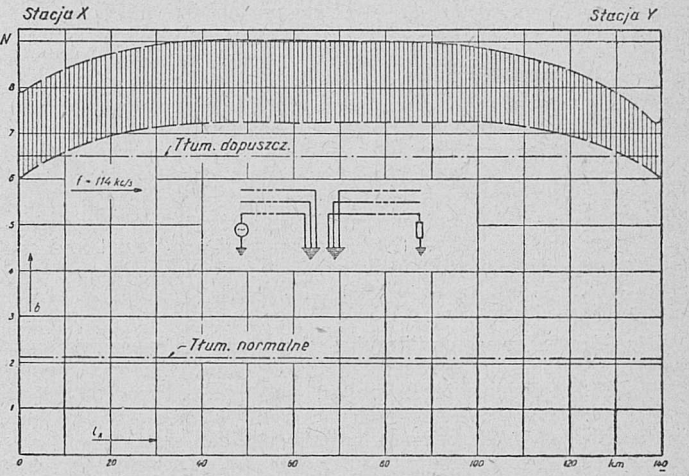
nadawczo-odbiorcze w. cz. mają zasięg 6,5 N, telekomunikacja nie jest w ogóle możliwa. Groźne są również, choć w nieco mniejszym stopniu, uszkodzenia polegające na przerwie i obustronnym uziemieniu wszystkich przewodów. Przy wszystkich innych rodzajach uszkodzeń, jeżeli zastosuje się system międzyfazowy, telekomunikacja będzie zawsze możliwa. W przypadku stosowania systemu jednofazowego telekomunikacja będzie niemożliwa przy jednostronnym uziemieniu lub przy przerwie wszystkich przewodów, przy przerwie wszystkich przewodów i obustronnym uziemieniu — szczególnie gdy uszkodzenie jest z dala od końców linii — oraz przy wszystkich innych rodzajach uszkodzeń, jeżeli miejsce uszkodzenia znajduje się bardzo blisko końców linii.

W przypadku występowania dodatkowych czynników zwiększających tłumienie linii, np. złych warunków atmosferycznych (deszczu, sadzi), wpływ uszkodzeń będzie groźniejszy. Tłumienie linii uszkodzonej podane na wykresach (dla przypadku suchej pogody) zwiększy się wtedy o wielkość tłumienia spowodowaną pogorszeniem się warunków. Ponadto w niewielkim stopniu na tłumienie oddziałują jeszcze stan połączeń końców linii w przypadku systemu jednofazowego. Gdy końce przewo-

dów są na obu stacjach uziemione, wtedy tłumienie jest mniejsze o 0,14 N od podanych na wykresach, gdy zaś końce są otwarte, wtedy tłumienie wzrasta o 0,22 N.

Z badań opisanych w niniejszym referacie oraz w poprzednich referatach wynikają następujące wnioski praktyczne:

1) Ze względu na wpływ uszkodzeń przewodów linii przesyłowych na teletransmisję w. cz. system sprężenia międzyfazowego jest znacznie lepszy od systemu jednofazowego.



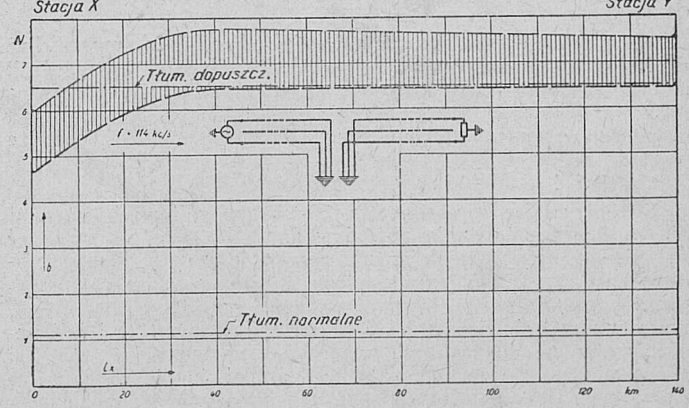
Rys. 15. Przebieg tłumienia linii przesyłowej 150-kilowoltowej w zależności od miejsca przerwy wszystkich przewodów i obustronnego uziemienia w systemie sprężenia jednofazowego

2) Ze względu na niebezpieczeństwo uszkodzeń linii w złych warunkach atmosferycznych pożądanym jest, ażeby nowoczesne urządzenia teletransmisyjne w. cz. miały zasięg większy od 6,5 N.

3) W czasie wykonywania napraw linii przesyłowych przy nieprzerwanych przewodach wystarczy w wielu przypadkach uziemić przewody linii za pomocą trzech oddzielnych drutów uziemiających, z których każdy łączy poszczególne przewody linii z uziemieniem u podnóża słupa i tam się łączy z innymi drutami; jeżeli druty będą dostatecznie długie, to telekomunikacja w systemie sprężenia międzyfazowego przy użyciu nowoczesnych urządzeń nadawczo-odbiorczych będzie wtedy możliwa. Stosowane dotychczas kosztowne i ciężkie przenośne dlawiki uziemiające w. cz. są w tych warunkach zbędne.

10. Źródła zasilania urządzeń telekomunikacyjnych stosowanych w energetyce [9].

Autor wymienia różne rodzaje urządzeń telekomunikacyjnych, produkowanych w Anglii, i podaje wielkości napięć zasilających i pobór mocy tych urządzeń. Nowe urządzenia do sterowania i kontrolowania zdalnego, systemu wieloprzewodowego na małych stacjach, obsługujące 5 — 6 wyłączników, pobierają



Rys. 16. Przebieg tłumienia linii przesyłowej 150-kilowoltowej w zależności od miejsca przerwy wszystkich przewodów i obustronnego uziemienia w systemie sprężenia międzyfazowego

wraz z żarówkami sygnalizacyjnymi prąd ciągły 0,15 A z baterii na 50 V. Urządzenia wieloprzewodowe na dużych stacjach (żarówki są zasilane wówczas z sieci prądu zmiennego) pobierają prąd 20 mA w każdym obwodzie. Typowe urządzenia

systemu wybierakowego są zasilane również napięciem 50 V (pobór prądu ok. 3 A). Stosowane urządzenia do wyłączania uzależnionego są systemu wieloprzewodowego oraz wybierakowego (o małej szybkości) i akustycznego (szybkodziałające). Ta ostatnia metoda stosowana jest w łączach telefonicznych naturalnych i nośnych. Czas działania wynosi 80 ÷ 100 ms. Urządzenia końcowe (bez urządzeń nośnych) — przy dwukierunkowym wyłączaniu uzależnionym — pobierają w każdym obwodzie po 0,6 A przy napięciu 50 V i 50 mA przy napięciu 200 V. Urządzenia telefonii nośnej w. cz. na liniach wysokiego napięcia (coraz powszechniej stosowane w Anglii) mają oprócz kanału telefonicznego jeszcze do 6 kanałów nadakustycznych. Pierwsze urządzenia zabezpieczeń wyborczych w. cz. wolnodziałające (1932 rok) pracowały wg systemu porównawczo-kierunkowego. Ostatnio produkowane urządzenia zabezpieczeń wyborczych, szybkodziałające, pracują bądź w systemie porównawczo-kierunkowym, bądź też (coraz częściej) w systemie porównawczo-fazowym. Pobierają one 0,4 A prądu anodowego przy napięciu 250 V, 80 mA prądu stałego przy napięciu 50 V i 10 A prądu zmiennego przy napięciu 6,3 V (żarzenie lamp). Łącznice telefoniczne automatyczne budowane są w trzech typach i zasilane napięciem 50 V: 10-liniowe (2 ÷ 5A), 50-liniowe (3 ÷ 9A) i 100-liniowe (5 ÷ 13 A).

Urządzenia telekomunikacyjne stosowane w energetyce mogą być zasilane za pomocą: 1) baterii akumulatorów z prostownikami do ładowania o stałym napięciu, 2) wewnętrznych oddzielnych zasilaczy sieciowych, 3) wspólnych wielonapięciowych zasilaczy stacyjnych oraz 4) baterii akumulatorów i zasilaczy sieciowych. W przypadku zaniku napięcia w sieci zasilającej musi być zabezpieczone zasilanie zastępcze na czas zaniku (przyjmuje się od 6 do 24 godz.). Jako rozsądną granicę okresu zaniku napięcia uważa się w Anglii 10 godz. Do zasilania zastępczego stosuje się przetwornice maszynowe, przyłączone do baterii akumulatorów na 110 V lub 240 V oraz prądnice napędzane silnikami dyzłowskimi. Czas przerwy w dopływie prądu przy samoczynnym przełączaniu zasilania wynosi kilka sekund, zatem nie ma znaczenia dla sterowania i kontrolowania zdalnego oraz dla telefonii. Jedynie w urządzeniach do zabezpieczeń wyborczych nie może być przerwy w dopływie prądu i dlatego tu stosuje się z reguły specjalne sposoby do podtrzymania napięcia w czasie przełączania zasilania. Jednym ze sposobów — przy niewielkim poborze prądu anodowego — jest stosowanie kondensatorów elektrolitycznych, włączonych obwodnie do zacisków zasilacza anodowego. Ostatnio uzyskano bardzo korzystne wyniki przy zastosowaniu akumulatorów kadmowo-niklowych (1,4 V), zaopatrzonych w prostowniki samoczynnie ładujące do stałego napięcia. Akumulatory te praktycznie nie gazują przy ładowaniu. Dla zabezpieczenia ogniw i stworzenia odpływu gazu stosowane są w tych akumulatorach zawory z pierścieniami gumowymi. Baterie akumulatorów kadmowo-niklowych włącza się obocześnie do zacisków zasilacza. Akumulatory te mogą pracować szereg lat bez dozoru. Zwykle pojemność baterii akumulatorów jest niewielka, jednak wystarczająca do zasilania w czasie przerwy przy przełączaniu. Zastępcze napięcie żarzenia lamp elektronowych w czasie przerwy przy przełączaniu nie jest potrzebne, gdyż grzejniki katod mają dostateczną bezwładność cieplną.

Urządzenia zasilające, niezależnie od rodzaju, muszą być rozpatrywane z następujących punktów widzenia: 1) regulacji napięcia zasilającego i dostosowania tego napięcia do wymaganych warunków, 2) tętnień napięcia zasilającego, 3) wspólnych oporności w poszczególnych obwodach zasilanych urządzeń (ze względu na przesłuch) i 4) czasu trwania okresu zaniku napięcia sieci i działania źródeł zasilania zastępczego.

Spadki napięć w zasilaczach 50- i 250-woltowych na ogół nie są istotne. Zasilanie obwodów żarzenia musi się odbywać za pomocą źródeł zasilających, znajdujących się blisko urządzeń zasilanych. Tętnienia napięcia zasilającego, mierzone za pomocą psolometru o krzywej ważkości wg warunków CCIF, nie powinny być większe od 5 mV. Przyjmuje się, że jeżeli napięcie zmienne do zasilania urządzeń telekomunikacyjnych jest doprowadzone z trzech niezależnych źródeł, to nie wymaga się żadnych źródeł zastępczych (lub też wymagane są tylko niewielkie źródła). Przy dwóch niezależnych źródłach napięcia zmiennego przyjmuje się 10-godzinny okres zasilania zastępczego.

Jeżeli pominąć względy ekonomiczne, to bardzo korzystne jest stosowanie wewnętrznych oddzielnych zasilaczy w poszczególnych urządzeniach, a mianowicie z następujących względów: 1) nie występuje problem regulacji napięć, gdyż zasilacze wewnętrzne są dostosowane do urządzeń (w granicach wahań na-

pięcia sieci  $\pm 12,5\%$  i w granicach wahań częstotliwości sieci od  $+4\%$  do  $-6\%$ ); 2) zasilacze wewnętrzne mają odpowiednio dobrany stopień tętnień napięcia zasilającego; 3) nie występuje problem wspólnych oporności obwodów zasilanych; 4) wystarcza stosowanie tylko jednej wspólnej baterii stacyjnej (używanej do aparatów energetycznych) do zasilania przetwornic w razie zaniku napięcia sieci.

Jeżeli wziąć pod uwagę względy ekonomiczne, to dochodzi się do następujących wniosków: 1) na dużych stacjach, gdzie stosuje się dużo urządzeń telekomunikacyjnych, korzystniej jest używać do zasilania zastępczego prądnice napędzane silnikami cieplnymi zamiast odpowiedniego zwiększania pojemności baterii stacyjnej; 2) urządzenia telekomunikacyjne z dopływem prądu stałego na 50 V powinny być zasilane wyłącznie za pomocą baterii z prostownikami do ładowania o napięciu stałym, baterie takie powinny mieć odpowiednią pojemność, ażeby urządzenia mogły pracować w ciągu całego okresu zaniku napięcia sieci; 3) wewnętrzne oddzielne zasilacze poszczególnych urządzeń telefonii nośnej, telegrafii akustycznej itd. powinny być nadal stosowane; 4) w przypadku stosowania dużej liczby urządzeń do zabezpieczeń wyborczych w. cz. i do wyłączania uzależnionego (na dużych stacjach) najbardziej ekonomiczne jest stosowanie wspólnego zasilacza stacyjnego dla tych urządzeń; nie sprawia to trudności natury technicznej; dla pewności należy stosować dwa zasilacze stacyjne dla urządzeń zabezpieczeń wyborczych, z których jeden jest rezerwowym.

Zestaw urządzeń zasilających można przeło zaprojektować w następujący sposób. Wspólny zasilacz stacyjny do urządzeń zabezpieczeń wyborczych oraz wewnętrzne oddzielne zasilacze do innych urządzeń normalnie pobierają prąd ze stabilizatora napięcia zmiennego, zasilanego z sieci. W przypadku uszkodzenia zasilacza stacyjnego wyłącza się go samoczynnie i zastępuje zasilaczem rezerwowym. W przypadku zaniku napięcia w sieci uruchamia się samoczynnie zastępczą przetwornicę zasilaną z baterii stacyjnej lub prądnica napędzana silnikiem cieplnym; normalny układ zasilania z sieci ulega wówczas wyłączeniu. W czasie przerwy przy przełączaniu zasilania tylko napięcie anodowe dla urządzeń zabezpieczeń wyborczych będzie podtrzymywane przez akumulatory kadmowo-niklowe. Po zjawieniu się napięcia w sieci źródła zastępcze ulega wyłączeniu, a sieć zaś przejmie z powrotem normalne zasilanie.

Inne rozwiązanie używane w Wielkiej Brytanii polega na stosowaniu dwóch prądnic prądu zmiennego, z których jedna jak i przy uszkodzeniu zasilacza głównego, podlega uruchomieniu zasilanym z sieci. Napięcie prądnicy jest doprowadzone do zasilaczy przez stabilizator napięcia zmiennego. W przypadku zaniku napięcia w sieci uruchamia się prądnice zastępczą, napędzaną silnikiem prądu stałego zasilanym z baterii. Każda z prądnic jest przyłączona do osobnego zasilacza. W ten sposób, zarówno przy uszkodzeniu prądnicy głównej, jak i przy uszkodzeniu zasilacza głównego, podlega uruchomieniu zestaw zastępczy. Dzięki zastosowaniu dużej bezwładności mechanicznej prądnicy głównej (koło rczpędowe) nie potrzeba stosować specjalnych urządzeń do podtrzymania napięcia przy przełączaniu zasilania. Wadą tego systemu jest konieczność ciągłej pracy głównej prądnicy maszynowej.

W dyskusji nad zagadnieniami zasilania wyrażono opinię, że dla 4 ÷ 5 kanałów najlepszym systemem zasilania jest bateria z prostownikami do ładowania, zasilająca przetwornice wirujące, które dostarczają napięcia zmiennego do urządzeń telekomunikacyjnych. Ponadto wypowiediano dodatnią opinię o stosowaniu dwucylindrowych silników dyzłowskich.

#### SPIS REFERATÓW

- [1] Elmlund H., Engström S., Hollner A. Recherche expérimentale d'interférence transitoire, émanant des défauts dans les lignes de transport, sur l'équipement de courant porteur se référant au fonctionnement de la protection sélective. (Ref. 303).
- [2] Chevallier A., André R. Nouvelle utilisation des liaisons à haute fréquence sur des lignes de transport d'énergie. (Ref. 337).
- [3] Forrest J. S. Mesure des pertes d'énergie et des perturbations radiophoniques sur une ligne expérimentale de transport à 275 kV. (Ref. 301).
- [4] Caben F., Pelissier R. Résultats obtenus à la station d'essais à 500 kV de Chevilly pendant les années 1950 et 1951. (Ref. 406).
- [5] Parding S., Enström C. A. Émission radiophonique sur lignes à 220 kV en Suède. (Ref. 323).
- [6] Gerecke E. Origine et propagation dans les réseaux à courant fort des oscillations à haute fréquence produites par des convertisseurs ioniques commandés par grilles. (Ref. 314).
- [7] Blok I. L. Propagation dans l'espace et dans les canalisations de l'énergie d'une perturbation H. F. provoquée par les appareils électriques et nouvelle méthode pour la mesurer. (Ref. 328).
- [8] Kühn H. Influence des défauts des lignes d'énergie sur les télécommunications à haute fréquence. (Ref. 312).
- [9] Mitchell G. W. B. Alimentation en énergie des appareils auxiliaires à faible courant. (Ref. 317).



# PRZEGLĄD CZASOPISM

## GRANICE DOKŁADNOŚCI ELEKTRYCZNYCH PRZYRZĄDÓW POMIAROWYCH

Arnold A. H. M. Performance limits in electrical instruments (Proceed. of the Instit. of Electr. Eng., Dec. 1951, vol. 58, p. 11, 701—710)

Konstrukcja elektrycznych przyrządów pomiarowych jest obecnie na takim poziomie, że ich dokładność jest ograniczona przede wszystkim dokładnością odczytu. Dokładność pomiaru jest zależna od rodzaju przyrządu i przy wyborze typu należy brać pod uwagę takie czynniki, jak rozmiar, łatwość przenoszenia, pewność działania, doskonałość konstrukcji, pobór mocy, możliwość odczytywania z odległości, szybkość działania, możliwość pomiaru wielkości bez znaczących zmian tej lub innych wielkości i ostatecznie koszt. Koszt przyrządu ma czasem decydujące znaczenie.

W ostatnich 20 latach konstrukcja najlepszych mierników elektrycznych posunęła się nieznacznie i nie należy się spodziewać dalszych dużych postępów. Możliwe, że postęp będzie dotyczył rozszerzenia zakresu warunków dla największej dokładności pomiaru, jak np. zmniejszenie wpływu częstotliwości i zmniejszenie poboru mocy.

Czułość miernika zależy przede wszystkim od wielkości i rodzaju podziałki. Bardzo dokładne przyrządy laboratoryjne są wykonywane z długą skalą. Przenośne przyrządy laboratoryjne są wykonywane ze skalą długości ok. 150 mm. Najmniejsze dostrzegalne przesunięcie wskazówki wynosi 0,025 mm w przypadku, gdy wskazówka jest w pobliżu kreski. Dla dokonania jednego pomiaru są w zasadzie potrzebne 4 odczyty, a mianowicie ustawienie wskazówki na zero i odczyt wartości mierzonej dwukrotnie — przy wzorcowaniu przyrządu i przy pomiarze. Wypadkowy uchyb można oszacować na 0,05 — 0,075 mm, co wynosi 0,03 do 0,05% długości podziałki. Jeśli wskazówka położona jest pomiędzy dwiema kreskami, błąd odczytu wzrasta do 0,1%, a gdy obserwator jest niewprawy lub gdy wielkość mierzona nie jest stała, uchyb ten może osiągnąć wartość 0,2%.

Dokładność mierników zależy od wielu czynników nie zawsze możliwych do opanowania. W najlepszych przyrządach laboratoryjnych dokładność miernika zbliża się do jego czułości. Przy obecnym stanie techniki można określić granicę dokładności dla laboratoryjnych mierników przenośnych na 0,1%, a dla stałych przyrządów laboratoryjnych o długiej skali na 0,01%.

Laboratorium N. P. L. przeprowadza badania pewnego procentu produkowanych w Anglii mierników. Na podstawie tych badań można wyciągnąć wnioski, jak dalece przeciętny przemysłowy produkt zbliża się pod względem dokładności do omówionych granic.

Usterki mierników mogą być podzielone na dwie klasy — A i B. Do klasy A należą błędy, których użytkownik nie może zauważyć bez sprawdzenia miernika. Usterki te prowadzą do niespodziewanych błędów. Do klasy B można zaliczyć usterki, które użytkownik może łatwo zauważyć. Na ogół biorąc usterki te mogą być łatwo usunięte z produkcji przez zastrzeżenie kontroli technicznej oraz zwrócenie większej uwagi na opakowanie i transport.

Kompensatory. Kompensatory prądu stałego są przyrządami, służącymi do porównania nieznanego napięcia stałego z napięciem wzorcowym ogniwa normalnego. Kompensatory prądu zmiennego posiadają — ze względu na brak odpowiedniego źródła napięcia wzorcowego — dokładność pomiaru gorszą od 0,1% zakresu. Dokładność ich jest gorsza od dokładności pierwszorzędnych mierników elektrycznych a czas potrzebny na dokonanie pomiaru jest znacznie dłuższy. Z powyższych względów zastosowanie kompensatorów prądu zmiennego jest ograniczone do pomiarów specjalnych.

Amperomierze. Badane w N. P. L. amperomierze były przeważnie miernikami średniej dokładności. W okresie 1945—50 dostarczono do badania tylko 3 amperomierze laboratoryjne, a jeden z nich był uszkodzony. Zestawienie zauważonych usterek w amperomierzach zawarte jest w tabl. I. Jak widać z zestawienia, amperomierze odrzuconych prądu stałego było procentowo blisko 3-krotnie więcej niż amperomierzy prądu zmiennego. Najważniejsze przyczyny odrzucenia były następujące: uchyb wzorcowania, zacinanie się i uchyb bocznika.

Woltomierze. Przepisy angielskie, dotyczące sprawdzania liczników, wymagają stosowania woltomierzy, których uchyb nie przekracza 0,1% końcowej wartości zakresu pomiarowego na całym zakresie, począwszy od 10% końcowej wartości. Są to wymagania bardzo wysokie.

Badane w N. P. L. woltomierze były znacznie lepiej wykonane od amperomierzy, gdyż około 83% woltomierzy przeszło badania bez wykazania usterek. Jeden z wytwórców przedstawił w czasie od 1945 do 1950 roku 29 woltomierzy, z których wszystkie były bez zarzutu. Usterki spotykane w innych woltomierzach były następujące: zacinanie układu ruchomego oraz uchyb wzorcowania.

Ostatnio pojawia się tendencja produkowania woltomierzy na wysokie napięcia do 3000 woltów i wyższych. Woltomierze te muszą być dobrze izolowane i ekranowane elektrostatycznie. Niektóre z badanych woltomierzy nie miały zadowalającej izolacji.

Watomierze. Watomierze stanowią największą grupę badanych mierników w N. P. L. w dziale elektrotechnicznym. W latach powojennych zbadano ponad 800 watomierzy, a w latach 1935—1939 ponad 1000. W latach przedwojennych odpadło ok. 33%, po wojnie liczba ta zmniejszyła się do 25%. Liczba fabryk, dostarczających watomierze do badania, zmniejszyła się z 12 przed wojną do 5 w latach powojennych. Wyroby tych 5 fabryk wykazały poprawę, gdyż przed wojną było odrzuconych 29% watomierzy, po wojnie 25%. W badanych przed wojną watomierzach ustalono ponad 60 usterek, po wojnie liczba ta spadła poniżej 30, z czego około połowy można uniknąć przez lepszą kontrolę. Najważniejsze usterki badanych watomierzy były:

a) w okresie 1935—1939 r. — niestaość poprawek, za krótki nóż wskazówki, rurkowa część wskazówki zachodzi na lusterko, wskazówka za daleko od tarczy, lusterko za wąskie, lusterko za daleko od tarczy, kreski podziałki za grube, korektor zera za mało dokładny, korektor zera daje niedostateczny ruch wskazówki w jedną stronę, korektor ma za duże luzy, szkodliwy wpływ ładunków na szkle, zmiana poprawek przy prądzie zmiennym wskutek poprzedniego pomiaru prądem stałym, układ ruchomy zaczyna się przy 30°C, układ ruchomy zaczyna się po próbie obciążenia;

b) łącznie w okresach 1935—1939 i 1940—1945 r. — nóż wskazówki za gruby, nóż wskazówki drży przy prądzie zmiennym, cała wskazówka drży, zmiana położenia zerowego spowodowana histerezą sprężynki, wpływ zbliżenia przedmiotów uziemionych, zmiany poprawek z niestabilnych przyczyn, ruch pelzający lub przetłumiony, układ ruchomy zaczyna się, uchyb wskutek nagrzania własnego, uchyb położenia, uchyb wzorcowania, uchyb zależny od współczynnika mocy.

Pewna liczba mierników została odrzucona wskutek zbyt małego oporu izolacji.

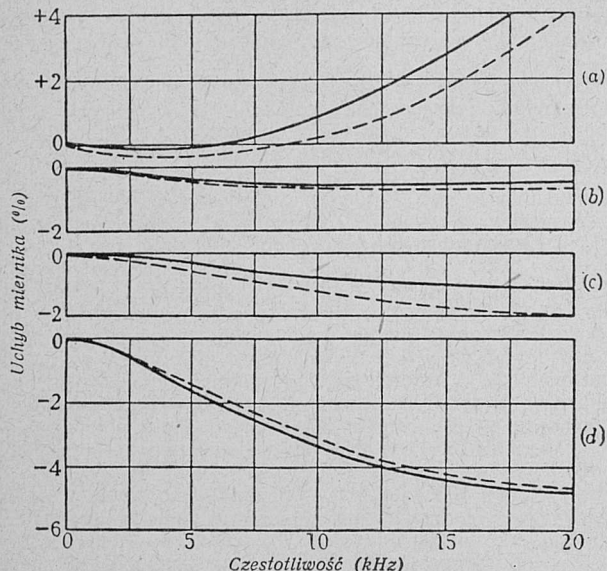
Przekładniki. Konstrukcja i produkcja przekładników są na tak wysokim poziomie, że rzadko zdarza się, aby przekładnik został podczas badania odrzucony. Po wynalezieniu materiałów magnetycznych o dużej przenikalności stworzyła

T a b l i c a I. Usterki w amperomierzach

| Usterka                                         | Amperomierze odrzucone w okresie 1945 — 50 r. |              |
|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------|
|                                                 | prąd stały                                    | prąd zmienny |
| Obudowa nieszczelna lub luźne części wewnętrzne | 5                                             | 3            |
| Zmienne uchyby                                  | 8                                             | 5            |
| Uchyb położenia                                 | 13                                            | 2            |
| Drganie wskazówki                               | 0                                             | 1            |
| Uchyb wzorcowania podziałki                     | 20                                            | 5            |
| Zacinanie                                       | 27                                            | 2            |
| Uchyb zera                                      | 5                                             | 0            |
| Uchyb bocznika                                  | 36                                            | 0            |
| Całkowita liczba sprawdzonych mierników         | 250                                           | 140          |

się możliwość zmniejszenia uchybów przekładników znacznie poniżej uchybów mierników. Jedyną poważną wadą przekładników prądowych jest ich stosunkowo duża oporność pozorna, co powoduje udźny spadek napięcia i zwiększa prądy pojemnościowe. Zastosowanie nowo wynalezionego materiału magnetycznego „supermaloy” pozwoli na produkcję przekładników o znacznie mniejszej oporności pozornej.

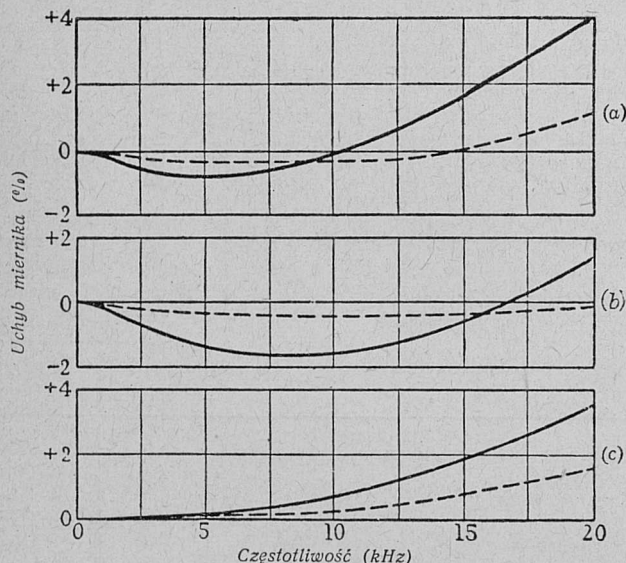
Przekładniki napięciowe są na ogół produkowane z rdzeniem z blachy nakręmionej. Jedyne przekładniki najwyższej dokładności są wykonywane z rdzeniami ze stopów żelazo-nikiel. Były produkowane przekładniki napięciowe na napięcie do 14 kV o uchybie przekładni ok. 0,01% i uchybie kątowym poniżej 1 minuty. Obecnie jest projektowany analogiczny przekładnik na napięcie 40 kV.



Rys. 1. Zależność uchybu miernika od częstotliwości dla 4 amperomierzy elektrodynamicznych

(a) — 44 mA dla pełnego wychylenia (c) — 154 mA „ „ „ „  
(b) — 146 mA (d) — 300 mA „ „ „ „  
Linia ciągła — uchyb dla pełnego wychylenia  
Linia przerywana — uchyb dla połowy wychylenia

Własności mierników przy częstotliwościach akustycznych. Przy większych częstotliwościach powstają trudności pomiarowe. Pomiar przy częstotliwościach radiowych stanowi osobne zagadnienie. Zakres częstotliwości akustycznych określono od 100 Hz do 20 kHz. Na



Rys. 2. Zależność uchybu miernika od częstotliwości dla 2 amperomierzy ferrodynamicznych

(a) — 10 mA dla pełnego wychylenia, grubość blaszek rdzenia 0,375 mm  
(b) — 20 mA dla pełnego wychylenia, miernik ten sam, co pod (a)  
(c) — 15 mA dla pełnego wychylenia, grubość blaszek rdzenia 0,125 mm.  
Linia ciągła — uchyb dla pełnego wychylenia  
Linia przerywana — uchyb dla połowy wychylenia

ogół uważa się, że miernik spełnia swoje zadanie przy pomiarze zniekształconych napięć, prądów i mocy, jeśli jego uchyb zależny od częstotliwości jest do pominięcia aż do 10-krotnej częstotliwości podstawowej.

Mierniki elektrodynamiczne. Moment miernika elektrodynamicznego wyraża się wzorem

$$T = k \frac{dM}{d\theta} \left( f \int_0^{1/f} i_r i_m dt \right),$$

gdzie  $T$  — średni moment,

$k$  — stała miernika,

$M$  — indukcyjność wzajemna między cewkami stałymi i ruchomą,

$\theta$  — kąt obrotu,

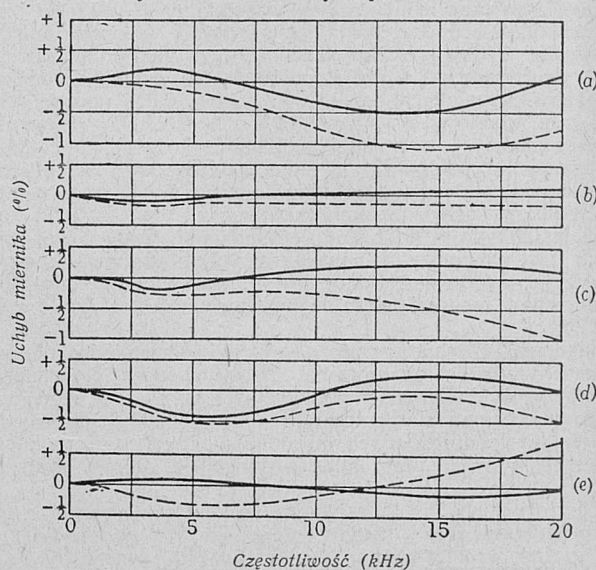
$i_r$  — wartość chwilowa prądu w cewce stałej,

$i_m$  — wartość chwilowa prądu w cewce ruchomej,

$f$  — częstotliwość.

Dla prądu stałego i prądu zmiennego o częstotliwości przemysłowej wpływ pojemności jest do pominięcia. Przy częstotliwościach akustycznych wpływ pojemności uzwojeń jest tak duży, że nie można uważać, iż prąd płynący przez uzwojenie jest we wszystkich zwojach jednakowy. Poza tym indukcyjność wzajemna  $M$  zmniejsza się ze wzrostem częstotliwości ze względu na prądy wirowe w metalowych częściach, znajdujących się w polu magnetycznym cewek. Na ogół mierniki elektrodynamiczne wykazują ujemny uchyb przy wzroście częstotliwości.

Amperomierze elektrodynamiczne są budowane przeważnie tak, że przez cewkę ruchomą płynie tylko część prądu. Cewka ruchoma jest bocznikowana. Stała czasu bocznika powinna być taka sama, jak obwodu cewki ruchomej. Stała czasu cewki ruchomej zależy od jej położenia względem cewek stałych, a więc równość ta może być zachowana tylko z przybliżeniem. Z tego względu amperomierze bocznikowane nie mogą być stosowane w zakresie częstotliwości akustycznych.



Rys. 3. Zależność uchybu miernika od częstotliwości dla 5 amperomierzy skompensowanych

(a) — 44 mA miernik elektrodynamiczny

(b) — 146 mA „ „

(c) — 154 mA „ „

(d) — 300 mA „ „

(e) — 15 mA miernik ferrodynamiczny

Linia ciągła — uchyb dla pełnego wychylenia

Linia przerywana — uchyb dla połowy wychylenia

Na rys. 1 przedstawiona jest zależność uchybu miernika w zależności od częstotliwości dla 4 przyrządów jednego typu. Uchyb jest liczony od wartości wskazanej, a nie od wartości końcowej zakresu pomiarowego. Dla omawianego typu miernik o zakresie ok. 100 mA wykazuje najlepszą charakterystykę.

Na rys. 2 są przedstawione podobne zależności w przypadku miernika ferrodynamicznego z rdzeniem ze stopu żelazo-nikiel. Uchyby powyższe można częściowo skompensować przez dołączenie do zacisków miernika kondensatora i opornika, połączonych szeregowo. Na rys. 3 przedstawione są uchyby mierników poprzednio omówionych po skompensowaniu.

Z przytoczonych wykresów widać, że nie ma zasadniczo trudności przy zastosowaniu amperomierzy elektrodynamicznych na częstotliwościach akustycznych do 20 kHz, ale tylko o zakresach pomiarowych od 0,1 do 0,3 A. Mierniki takie posiadają jednak dość dużą oporność pozorną, wskutek czego przy 20 kHz spadek napięcia może przekraczać 100 V. Dla pewnej określonej częstotliwości niedogodność tę można usunąć przez połączenie w szereg z amperomierzem kondensatora, dostrojonego do rezonansu z indukcyjnością amperomierza.

Zastosowanie miernika elektrodynamicznego jako woltomierza częstotliwości akustycznej napotyka znacznie większe trudności niż w przypadku pomiaru prądu. W woltomierzu, jak wiadomo, cewki ruchoma i stałe są połączone szeregowo z opornikiem. Przy częstotliwości 50 Hz opór indukcyjny cewek jest bardzo mały w porównaniu z oporem czynnym woltomierza.



Zależność pomiędzy mierzonym napięciem  $U$  a płynącym przez cewki prądem  $i$  wyraża się wzorem:

$$U = ir \sqrt{1 + \left(\frac{\omega L}{r}\right)^2}.$$

W pierwszym przybliżeniu można napisać

$$r = \frac{U}{i} \quad \text{oraz} \quad L = \frac{K}{i^2},$$

gdzie  $K$  jest stałą zależną od konstrukcji miernika; stąd

$$U = ir \sqrt{1 + \left(\frac{\omega K}{iU}\right)^2}.$$

Człon zależny od częstotliwości jest odwrotnie proporcjonalny do kwadratu prądu  $i$  i może być zmniejszony przez zwiększenie mocy pobieranej przez woltomierz.

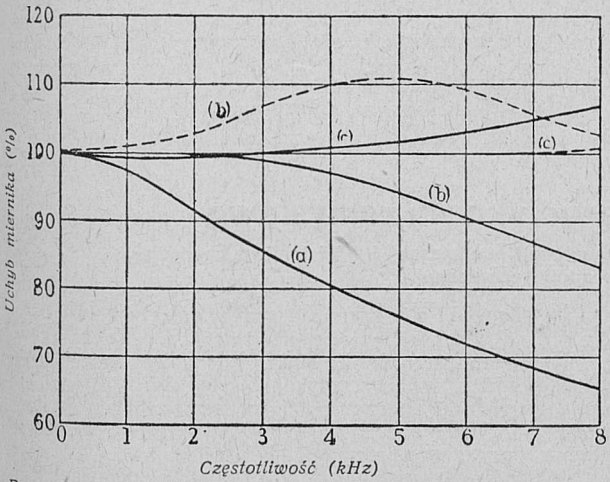
Mierniki ferrodynamiczne są korzystniejsze od elektrodynamicznych, gdyż ich indukcyjność cewek jest mniejsza. Zakres częstotliwości można rozszerzyć przez połączenie kondensatora równolegle do opornika szeregowego. Ten sposób nie jest jednak dobry, gdyż indukcyjność cewek zależy od ich wzajemnego położenia, a zatem kompensację można uzyskać tylko dla pewnego określonego wychylenia wskazówki.

W celu zmniejszenia pobieranej mocy można zastosować wzmacniacz z ujemnym sprzężeniem zwrotnym. Wzmacniacz taki może służyć również do pomiaru mocy. Schemat wzmacniacza podany jest na rys. 4.

Na rys. 5 pokazane są wskazania woltomierza ferrodynamicznego o zakresie pomiarowym do 30 V w funkcji częstotliwości.

W przypadku watomierza uchyby spowodowane indukcyjnością obwodu napięciowego przeważają nad wpływem pojemności i wzrostu oporu omowego ze wzrostem częstotliwości. Dla rozpatrzenia zachowania się watomierza przy częstotliwościach akustycznych należy rozróżnić trzy typy watomierzy:

- a) przeznaczone do pomiarów przy współczynniku mocy bliskim jedności,
- b) przeznaczone do pomiarów przy  $\cos \varphi = 0$  oraz
- c) przeznaczone do pomiarów przy różnych wartościach  $\cos \varphi$ .



Rys. 5. Zależność uchybu woltomierza ferrodynamicznego od częstotliwości w zakresie 0—8 kHz  
(a) — nieskompensowany (b) — skompensowany pojemnością (c) — ze wzmacniaczem ze sprzężeniem zwrotnym  
Linia ciągła — napięcie rzeczywiste 28 V  
Linia przerywana — napięcie rzeczywiste 19 V

Watomierze grupy a) mają mały uchyb zależny od częstotliwości, gdyż indukcyjność obwodu napięciowego jest mała (tylko cewki ruchomej), a przesunięcie kątowe prądu odgrywa małą rolę. Przez połączenie odpowiedniego kondensatora równolegle do opornika szeregowego można łatwo utrzymać uchyby watomierza w granicach  $\pm 1\%$  dla częstotliwości do 20 kHz.

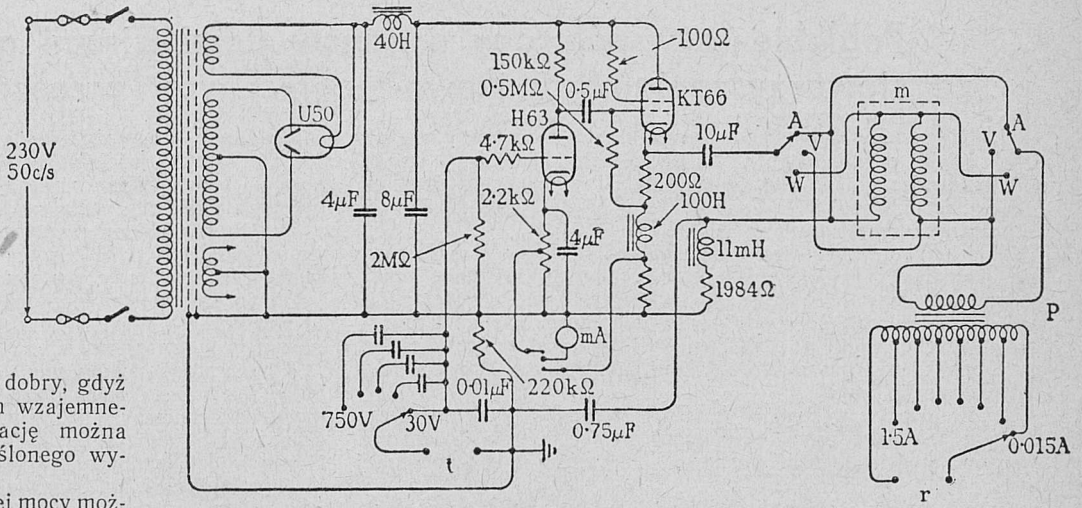
W miernikach grupy b) największą rolę odgrywa kątowe przesunięcie prądu w obwodzie napięciowym względem do-

prowadzonego napięcia. Kąt przesunięcia może wynosić w nieskompensowanym watomierzu kilka dziesiątych radiana przy 20 kHz.

Grupa watomierzy c) jest obarczona obu uchybami; kompensacja może tu być jedynie kompromisem. Na ogół uchyby tego typu watomierzy przekraczają 1% przy 20 kHz.

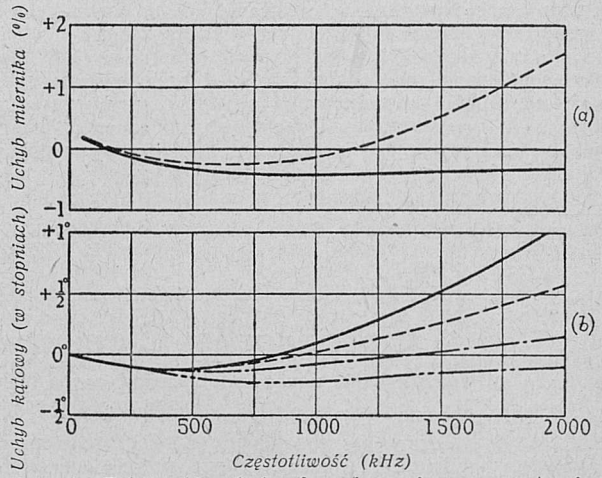
Na rys. 6 przedstawione są charakterystyki watomierza ferrodynamicznego w połączeniu ze wzmacniaczem z rys. 4.

Mierniki magnetoelektryczne z prostownikami wskazują zasadniczo wartość średnią i z tego



Rys. 4. Układ miernika elektrodynamicznego i wzmacniacza z ujemnym sprzężeniem zwrotnym dla pomiarów mocy przy częstotliwości przemysłowej  
 $m$  — dynamometr  $P$  — przekładnik prądowy  $t$  — napięcie  $r$  — prąd

względnie nie mogą być stosowane do pomiaru wartości skutecznej przy nieznanym współczynniku kształtu. W wielu przypadkach przy częstotliwości akustycznej wada ta powoduje jednak mniejsze uchyby niż spotykane w innego rodzaju miernikach. Wielką zaletą mierników prostownikowych jest mały pobór mocy. Główną przyczyną powstawania uchybów zależnych od częstotliwości jest pojemność prostownika. W jednym przypad-



Rys. 6. Zależność uchybu ferrodynamicznego watomierza z przekładnikiem prądowym i wzmacniaczem ze sprzężeniem zwrotnym

- (a) — uchyb przy pełnym wychyleniu i  $\cos \varphi = 1$
- (b) — uchyb kątowy przy znamionowym napięciu i prądzie
- Linia ciągła — zakres 15 mA
- Linia przerywana (kreski) — zakres 30 mA
- Linia przerywana (kreski z jedną kropką) — zakres 150 mA
- Linia przerywana (kreski z dwiema kropkami) — zakres 750 mA
- Dodatni znak uchybu kątowego oznacza, że watomierz wskazuje moc do datnią przy  $\cos \varphi = 0$  i obciążeniu indukcyjnym

ku miernik na 10 mA wykazywał spadek czułości blisko o 1,4% przy 20 kHz. Mierniki prostownikowe nie mogą być uważane jako mierniki laboratoryjne o dużej dokładności.

Mierniki z termoelementami są trudne w użyciu ze względu na małą szybkość działania i zależność od czynników zewnętrznych. Bezpośrednio wskazujące mierniki są co najwyżej klasy 0,5. Większe dokładności można uzyskać przy pomocy termoelementów próżniowych i kompensatorów. Uchyb zależny od częstotliwości jest bardzo mały i spowodo-

wany jest raczej uchybami dodatkowych oporników i boczników niż własnościami termoelementu.

Mierniki elektrostatyczne są bardzo rzadko używane do pomiarów przy częstotliwości przemysłowej. Dokładność mierników produkcji przemysłowej nie jest na ogół duża. Specjalne woltomierze elektrostatyczne laboratoryjne osiągają czułość 0,01% i służą jako przyrządy porównawcze pr. st./pr. zm. do wzorcowania innych mierników prądem zmiennym. Wielką zaletą mierników elektrostatycznych jest bardzo

mała zależność od częstotliwości, wyrażająca się wzorem

$$\text{czułość przy częstotliwości } f = 1 + 4\pi^2 C f^2 (L - 1/2 R^2 C),$$

gdzie  $C$  — pojemność pomiędzy statorem i rotorem,  
 $L$  — indukcyjność obwodu pomiędzy zaciskami,  
 $R$  — opór tasiemki.

Dane typowego miernika N. P. L. są następujące:  $C = 100 \text{ pF}$ ;  $L = 0,7 \text{ }\mu\text{H}$ ;  $R = 70 \text{ }\Omega$ . Liczby przy wyższych częstotliwościach, do 2 MHz, nie przekracza 0,01%. J. W.

## Pogłębienie współpracy organów administracji gospodarczej ze stowarzyszeniami naukowo-technicznymi zrzeszonymi w NOT\*)

1. Kierownicy jednostek gospodarki społecznej wszystkich szczebli organizacyjnych są obowiązani do ścisłego współdziałania w zakresie rozwijania postępu w dziedzinie techniki i organizacji produkcji z organizacjami stowarzyszeń naukowo-technicznych zrzeszonych w NOT.

2. Kierownicy społecznych zakładów pracy oraz kierownicy komórek organizacyjnych społecznych zakładów pracy obowiązani są do zapoznawania podległych im kadr technicznych z zadaniami planowymi, w szczególności zaś na odcinku postępu technicznego w skali zakładu i jego wydziałów, biur itd. przy ścisłym współdziałaniu z kołami zakładowymi stowarzyszeń naukowo-technicznych.

3. Kierownicy wszystkich komórek organizacyjnych społecznych zakładów pracy obowiązani są ściśle współpracować z ogniwami stowarzyszeń naukowo-technicznych w szczególności przez:

— zapewnienie niezbędnej pomocy organizacyjnej w pracach na odcinku postępu technicznego i realizacji podejmowanych w tym celu zobowiązań,

— ocenę działalności stowarzyszeń naukowo-technicznych o strony udziału w pracach na odcinku postępu technicznego i współpracy z administracją gospodarczą,

— pomoc w popularyzowaniu nowych metod pracy i doświadczeń w dziedzinie postępu technicznego,

— zapewnienie niezbędnej pomocy w organizowaniu domów inżyniera i technika.

4. 1. W oparciu o zadania wynikające z planu (w skali rocznej lub kwartalnej) kierownicy resortów w porozumieniu z przedstawicielami zarządów głównych stowarzyszeń naukowo-technicznych ustalają wytyczne dla prac tych stowarzyszeń.

2. Ustalenie i określenie wytycznych kierunkowych w dziedzinie rozwoju i postępu technicznego, o których mowa w ust. 1, nie może prowadzić do krępowania oddolnej inicjatywy w zakresie rozwoju i upowszechnienia postępu technicznego. Wszelkie sprawdzone praktycznie przejawy twórczej inicjatywy w tym zakresie należy podtrzymać i wziąć pod uwagę przy kolejnym ustalaniu wytycznych w dziedzinie rozwoju postępu technicznego.

\*) W myśl Uchwały Prezydium Rządu z dn. 30.V.53 (Mon. Polski, nr A-56, 13.VI.53, poz. 711), do której wstęp był podany w PE, 1953, z. 8, str. 314.

5. Ocenę pracy koła zakładowego stowarzyszenia naukowo-technicznego na odcinku współpracy koła i zakładu w zakresie postępu technicznego przeprowadza kierownik zakładu łącznie z przedstawicielami koła zakładowego.

6. Dla pogłębienia współpracy organów stowarzyszeń naukowo-technicznych i NOT z organami administracji gospodarczej w zakresie rozwijania postępu technicznego:

1) opracowanie wytycznych planu postępu technicznego resortu powinno się odbyć przy współudziale przedstawicieli zarządu głównego stowarzyszenia;

2) zebrania kolegów ministerialnych powinny dokonać co najmniej raz w roku oceny planów pracy właściwych stowarzyszeń naukowo-technicznych i sprawozdań z ich wykonania, w szczególności w odniesieniu do zagadnień postępu technicznego i prac w dziedzinie wydawnictw technicznych;

3) ministrowie lub odpowiedzialni przedstawiciele ministerstw powinni brać udział w zebraniach zarządów głównych odpowiedzialnych stowarzyszeń naukowo-technicznych, a także w zjazdach delegatów i naradach, na których omawiane są sprawy mobilizacji inżynierów i techników do prac w dziedzinie rozwoju postępu technicznego i podnoszenia poziomu zawodowego inżynierów, techników i wysuniętych na stanowiska kierownicze robotników;

4) kierownicy zakładów pracy oraz kierownicy wydziałów i biur powinni brać udział we wszystkich naradach techniczno-wytwórczych inżynierów i techników, pracowników kierowanej jednostki organizacyjnej;

5) przedstawiciele zarządu koła zakładowego stowarzyszenia inżynierów i techników powinni brać udział we wszystkich odprawach i naradach organizowanych przez kierowników zakładów pracy, a dotyczących planów rozwoju postępu technicznego i podnoszenia poziomu zawodowego kadr technicznych.

7. Kierownicy organów administracji gospodarczych obowiązani są brać udział w uroczystych zebraniach kół zakładowych stowarzyszeń naukowo-technicznych, poświadczonych wyróżnieniu pracowników odznaczających się w rozwoju postępu technicznego.

8. Zobowiązuje się wszystkich ministrów (kierowników urzędów centralnych) do wydania szczegółowych przepisów wykonawczych do niniejszej uchwały po zasięgnięciu opinii zarządów głównych właściwych stowarzyszeń naukowo-technicznych.

## Gospodarka Ciepła — Energetyka Przemysłowa

Dwumiesięcznik naukowo-techniczny, organ Naczelnej Organizacji Technicznej i Ministerstwa Energetyki  
 Wydawnictwo Naczelnej Organizacji Technicznej

W zakres tematyki nowego czasopisma wchodzi przede wszystkim zagadnienie racjonalnego i oszczędnego zużycia energii i to wszystkich jej rodzajów i nośników używanych do celów produkcyjnych oraz związane z tym ściśle zagadnienie jej wytwarzania, zwłaszcza wytwarzania skojarzonego i rozdziału energii w istniejących i nowobudowanych zakładach przemysłowych. Z zagadnieniami tymi wiąże się ponadto kompleksowe wykorzystanie paliw, spalanie paliw, zwłaszcza odpadkowych i gospodarka wodna w zakładach przemysłowych.

Przedmiotem rozważań będą również procesy technologiczne z punktu widzenia usprawnienia technologii i organizacji produkcji, jako głównego źródła oszczędności energii, sposób sporządzania bilansów energetycznych, doboru najkorzystniejszego nośnika energii, pokrycia zapotrzebowania energii i wykorzystania wtórnych zasobów energetycznych. W zakresie tematyki czasopisma wchodzi zagadnienie eksploatacji i projektowania urządzeń energetycznych z punktu widzenia podniesienia sprawności, wyzwalania rezerw, podniesienia poziomu eksploatacji, bezpieczeństwa i pewności ruchu. Przewidziany jest dział informacyjny urzędów nadzorujących gospodarkę i urządzenia energetyczne w przemyśle.

### Treść pierwszego zeszytu

Zesz. 1/2, czerwiec 1953 r. Od wydawcy. — Od redakcji. — Neumann Z. Zadania Państwowej Inspekcji Energetycznej Ministerstwa Energetyki. — Ney W. Racjonalne rozwiązanie gospodarki energetycznej w zakładach przemysłu metalowego. — Sokołowski M. Doświadczenia w obniżeniu obciążenia szczytowego przez zakłady przemysłowe. — Michajda J. Istota mocy biernej, źródła i skutki jej powstawania. — Janikowski P. Zadania oszczędnościowe w gospodarce paliwami stałymi. — Mikulski J. Źródła oszczędności ciepłych w przemyśle. — Górecki H. Organizacja i zadania Urzędu Dozoru Technicznego. — Orłowski P. Normalizacja parametrów kotłów wodnorurowych. — Suckewer M. Spalanie mialu i mułu pod kotłami rusztowymi. — Dobór właściwej powierzchni ogrzewalnej wymienników ciepła pracujących parą pobieraną lub wylotową. — Oszczędność energii elektrycznej przez usprawnienie ruchu pomp. — Możliwość oszczędzania energii zużywanej do napędu obrabiarek do metali. — Pewność ruchu pompowni zasilającej kotły parowe. — Dotychczasowa działalność Państw. Insp. Energ. — Z narady w sprawie cos φ. — Akcja oszczędzania węgla.



# PRZEGLĄD DOKUMENTACYJNY ELEKTROTECHNIKI

opracowany przez OŚRODEK DOKUMENTACJI ELEKTROTECHNIKI

Dodatek do miesięcznika PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY

Rocznik 5

Warszawa, wrzesień 1953 r.

Nr 9

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

- Korozja**  
620.191:620.197:621.312 D1  
Springer H. E.: **Ochrona wyposażenia elektrycznego zakładów przemysłowych przed korozją.** „Protection of electric equipment against corrosion in industrial plants”. Trans. amer. Inst. electr. Engrs., New York, t. 70, cz. 2, 1951, s. 1605; A4, 7,2 str., 13 fot. — Objawy działania korozji w aparatach, maszynach i przyrządach elektrycznych. Czynniki chemiczne i fizyczne wywołujące korozję i sposoby ich działania. Ochrona maszyn i aparatów elektrycznych przed korozją w warunkach zakładów przemysłowych. W dyskusji podkreślono doniosłą rolę profilaktycznego zapobiegania korozji.
- Wiadomości ogólne**  
621.3.012.2 D1  
R. D. Goodrich: **Wykres kołowy mocy o powszechnym zastosowaniu.** „A universal power circle diagram”. Trans. amer. Inst. El. Eng., New York, t. 70, cz. 2, 1951, s. 2042; A4, 8 str., 10 wyrk., 9 poz. bibl. — Kołowy wykres mocy wyskalowany w jednostkach względnych mający powszechne zastosowanie dla linii przesyłowych różnego typu oraz dla wszystkich urządzeń o stałych oporach elementów (transformatory, cewki, kondensatory szeregowo itp.). Podstawowe założenia wykresu. Sposób zastosowania. Przykłady zastosowania dla różnych układów.
- 621.3.013.2:621.3.042.4 D1  
Bul B. K.: **Obliczanie przewodności magnetycznych w pobliżu szczeliny powietrznej.** „K rasczotu magnitnych provedimostiej pola wblizi wozdusznowo zazora”. Elektricestwo, Moskwa, mies., Nr 7, lip. 52, s. 52; A4, 3,6 str., 2 rys., 2 wyrk., 13 poz. bibl. — Wykazano niedokładności wykresów Schmiedela używanych powszechnie do wyznaczania przewodności magnetycznej szczeliny powietrznej z uwzględnieniem linii pola na krańcach biegunów. Wyprowadzono wzory dla wyznaczania przewodności magnetycznych w układzie biegun-płaszczyzna oraz biegun-biegun. Podano wykres dla wyznaczania przewodności.
- 621.3.047.44:621.3.047.3 D1  
Neukirchen J.: **Szczotki metalowo-grafitowe na stalowych pierścieniach ślizgowych.** (Komunikat z Zakładów Ringsdorf w Mehlem). „Metallgraphitbürsten auf Stahlschleifringen”. ETZ, Wuppertal, dwutyg., r. 73, Nr 14, lip. 52, s. 459; A4, 2 str., 3 fot. 1 rys. — Zastosowanie teorii przemieszczania się cząsteczek na stykach metalicznych do styku szczotek metalowo-grafitowych z pierścieniami ślizgowymi. Wyjaśnienie zjawiska zmniejszania się zawartości metalu w szczotkach dodatnich i szybkiego ich zużywania się. Praktyczne wnioski z podanych rozważań teoretycznych, dotyczące warunków prawidłowej pracy szczotek metalowo-grafitowych.
- Układy elektroenergetyczne**  
621.311.1 D1  
Watchorn C. W.: **Wymagania dotyczące mocy układów elektroenergetycznych.** „Elements of system capacity requirements”. Trans. amer. Inst. El. Eng., New York, t. 70, cz. 2, 51, s. 1163; A4, 17,5 str., 2 rys., 13 wyrk., 1 poz. bibl. — Projektowanie układu elektroenergetycznego (siłowni i grupy stacji) z punktu widzenia ekonomicznie opłacalnej pewności ruchu oraz oszczędnego dostarczania energii elektrycznej. Metoda projektowania oparta na rachunku prawdopodobieństwa. Rozważania przeprowadzone na przykładzie siłowni parowej 2100 MW.
- 621.311.17 D1  
Urządzenia rozdzielcze w elektrowniach. „Schaltanlagen für Energieerzeugung”. Brown Boveri Mitt., Baden, mies., r. 39, Nr 1/2/3, stycz./lut./marz. 52, s. 34; A4, 8,3 str., 11 fot., 2 rys. — Przegląd rozwoju konstrukcji BBC w 1951/52 r. Rozdzielnie niskiego napięcia potrzeb własnych elektrowni ciepłych. Schematy świetlne w nastawniach. Urządzenia rozdzielcze w elektrowniach wodnych. Urządzenia regulacyjne, zabezpieczeniowe i synchronizacyjne.
- Maszyny elektryczne**  
621.313.015.53:621.3.045.027.3 D1  
Johnson J. S., Warren M.: **Wykrywanie podczas pracy wyładowań żłobkowych w uzwojeniach stojanów na wysokie napięcie.** „Detection of slot discharges in high-voltage stator windings during operation”. Trans. amer. Inst. electr. Engrs., New York, t. 70, cz. 2, 1951, s. 1998; A4, 2,7 str., 7 fot., 1 rys., 2 tabl. — Nowa metoda wykrywania podczas pracy maszyny wyładowań pomiędzy przewodzącą powierzchnią cewek a rdzeniem stojana. Wykrywanie wyładowań odbywa się przez włączenie do oporu uzmięniającego punkt zerowy maszyny filtru na częstotliwości akustyczne. Omówienie zakłóceń występujących przy pomiarze. Wyniki pomiarów przeprowadzonych dla czterech prądnic.
- 621.313.015.53:621.3.045.027.3 D1  
Johnson J. S.: **Wykrywanie wyładowań żłobkowych pomiędzy powierzchnią zezwoju a rdzeniem w uzwojeniach wysokiego napięcia stojanów.** „Slot discharge detection between coil surfaces and core of high-voltage stator windings”. Trans. amer. Inst. electr. Engrs., New York, t. 70, cz. 2, 1951, s. 1993; A4, 3 str., 3 fot., 3 rys., 2 wyrk., 4 poz. bibl. — Zjawisko wyładowań elektrycznych pomiędzy przewodzącą powierzchnią zezwojów a żelazem żłobków w maszynach na wysokie napięcie. Przyrządy do wykrywania i analizowania wyładowań częstotliwości radiowej i akustycznej. Wnioski z przeprowadzonych badań.
- 621.313.041.1.001.24 D1  
Halp J.: **Wstępne obliczanie zasadniczych wymiarów maszyn prądu stałego, synchronicznych i asynchronicznych.** „Predbezny výpočet hlavních rozmeru stejnosmerných, synchronních a asynchronních stroju”. Elektrotechn. Obz., Praha, mies., t. 41, Nr 1, stycz. 52, s. T1; A4, 7,2 str., 9 wyrk., 2 tabl., 4 poz. bibl. — Wyprowadzenie wzoru uzależniającego moc idealną maszyny elektrycznej od jej zasadniczych wymiarów. Zasady obierania wartości współczynników występujących we wzorze dla poszczególnych rodzajów maszyn. Przykład obliczenia zasadniczych wymiarów prądnicy prądu stałego, prądnicy synchronicznej i silnika indukcyjnego.
- 621.313.13.025-181.2 D1  
Lanthrop C. M., Schleckser Ch. E.: **Zagadnienia stojące przed projektantami przy rozruchu dużych silników.** „Problems confronting the designer in starting large motors”. Trans. amer. Inst. electr. Engrs., New York, t. 70, cz. 2, 1951, s. 1351; A4, 3 str., 3 wyrk., 1 tabl. — Rozruch dużych silników prądu zmiennego przy zasilaniu z sieci o niezbyt dużej mocy. Określanie dopuszczalnego spadku napięcia przy rozruchu. Zmniejszanie prądu rozruchowego i związany z tym problem zmniejszenia momentu rozruchowego. Czas rozruchu i nagrzewanie się silnika podczas rozruchu.
- 621.313.223.012:621.3.077.65:621.316.718.5.078 D1  
Harris L. D.: **Charakterystyki silników prądu stałego zasilanych z regulowanych prostowników przy automatycznej regulacji obrotów.** „Servomechanism characteristics of D-C motor driven by controlled rectifiers”. Trans. amer. Inst. electr. Engrs., New York, t. 70, cz. 2, 1951, s. 1582; A4, 6,6 str., 4 fot., 1 rys., 3 wyrk., 4 poz. bibl. — Charakterystyki silników prądu stałego przy zasilaniu uzwojenia twornika przez prostowniki lampowe sterowane siatką. Przypadek prądu ciągłego i przerywanego. Stale silnika przy zastosowaniu go w układzie z automatycznym, programowym przebiegiem regulacji prędkości. Praca silników prądu stałego przy zasilaniu wzbudzenia przez prostowniki lampowe.
- 621.313.323.025.3.001 D1  
Talaat M. E.: **Synteza stanu ustalonego i przejściowego trójfazowego silnika reluktancyjnego (silnika synchronicznego bez wzbudzenia).** „Steady-state and transient synthesis of 3-phase reluctance motors (synchronous motors without field excitation)”. Trans. amer. Inst. electr. Engrs., New York, t. 70, cz. 2, 1951, s. 1963, A4, 7,5 str., 2 rys., 8 wyrk., 3 tabl., 8 poz. bibl. — Zagadnienie zaprojektowania optymalnego rozwiązania silnika reluktancyjnego dla zadanych wymiarów żelaza. Założenia teoretyczne i zależności wyprowadzone w oparciu o teorię dwóch składowych oddziaływania twornika. Metoda i przykład obliczenia.
- 621.394.642:621.313.236.1 D1  
Seuqenz H.: **Wzmocniacze maszynowe.** „Verstärkermaschinen”. E und M., Wien, dwutyg., r. 69, Nr 17, wrzes. 52, s. 375; A4, 5 str., 16 rys., 2 wyrk., 32 poz. bibl. — Przegląd maszyn wzmacniających (z wzbudzeniem obcym, z polem poprzecznym). Budowa i zasada działania amplitudny (różne rodzaje amplitudny, układy połączeń, charakterystyczne cechy). Magnicon, angielski wzmacniacz maszynowy (budowa, układ połączeń, charak-

terystyka indukcji w funkcji napięcia). Zasada działania rototrolu; układ połączeń uzwojeń. Charakterystyka pracy. Układy maszyn do regulacji prędkości obrotowej przy pomocy rototrolu. 435\*

621.3.013.62:621.313.236.2

D1  
Vallini A.: Przyczynek do studiów nad samowzbudzeniem prądnic i metadyny z polem poprzecznym. „Contributo allo studio dell'autoeccitazione nelle dinamo e nelle metadinamo a croce.“ *Elettrotecnica*, Milano, mies., t. 39, Nr 9, wrzes. 52, s. 398; A4, 12 str., 10 rys., 9 wykr., 2 tabl., 8 poz. bibl. — Analiza warunków samowzbudzenia się prądnic prądu stałego w założeniu istnienia strumienia magnetycznego szczerokowego i odpowiedniej charakterystyki zewnętrznej maszyny. Samowzbudzenie metadyny z polem poprzecznym i zwartym obwodem pierwotnym dla kilku układów uzwojeń. Badania doświadczalne samowzbudzenia prądnic prądu stałego i kilku układów metadyn. 436\*

621.313.323

D1  
Chang S. S. L.: Analiza kondensatorowego silnika synchronicznego bez wzbudzenia. „An analysis of unexcited synchronous capacitor motors.“ *Trans. amer. Inst. electr. Engrs.*, New York, t. 70, cz. 2, 1951, s. 1978; A4, 4,5 str., 6 rys., 2 wykr., 4 poz. bibl. — Wyznaczenie schematu zastępczego silnika przy pracy synchronicznej na podstawie teorii 2 pól wirujących: wspólniebieżnego i przeciwbieżnego. Określenie momentu naciągowego silnika. Przykład przeliczenia silnika i porównanie jego wyników z wynikami pomiarów. 437\*

621.313.33/37.001

D1  
Sabbagh E. M.: Zastosowanie teorii rozkładania przepływu na dwie składowe do silników elektrycznych. „Application of the 2-reaction theory to electric motors.“ *Trans. amer. Inst. electr. Engrs.*, New-York, t. 70., cz. 2, 1951, s. 1748; A4, 10 str., 19 rys., 15 poz. bibl. — Teoria silników asynchronicznych oparta na rozkładaniu przepływów na składowe podłużne i poprzeczne podobnie jak w przypadku maszyny synchronicznej. Zastosowanie teorii do jednofazowego i dwufazowego silnika indukcyjnego, do silnika dwufazowego z kondensatorem oraz do silników repulsyjnego i komutatorowego szeregowego. W dyskusji wskazano na możliwości uproszczenia otrzymanych wzorów przez zastosowanie względnych wartości oporności. 438\*

621.313.333:669.1:621.34

D1  
Franz V.: Doświadczenia z eksploatacji silników indukcyjnych w hutnictwie. „Zkušební s indukčními motory v hutnictví.“ *Elektrotechn. Obz.*, Praha, mies., r. 41, Nr 2, luty 52, s. 82; A4, 2,5 str. — Zagadnienia rodzaju prądu (stały czy zmienny) w napędach hutniczych. Kryteria prawidłowego obliczania wielkości silnika napędowego. Doświadczenia z eksploatacji silników prądu zmiennego, które charakteryzują specyficzny rodzaj pracy silników w zakładach metalurgicznych i wynikające z nich wskazania. 439\*

621.313.333.018.4:669:621.316.771:621.316.87

D1  
Schaelchin W., Mathias G. E.: Regulator poślizgu przy ciężkich warunkach pracy w hutnictwie. „A heavy duty slip regulator for steel mill service.“ *Trans. amer. Inst. electr. Engrs.*, New-York, t. 70, cz. 2, 1951, s. 1769; A4, 4,3 str., 3 fot., 4 rys., 5 wykr., 1 tabl. — Działanie indukcyjnych silników hutniczych w ciężkich warunkach pracy z automatyczną regulacją oporu w obwodzie wirnika. Opis regulatora nowego typu i dane dotyczące elektrotrolu. Napęd regulatora silnikiem prądu stałego zasilanym z rototrolu. Porównanie działania silnika z samoczynną regulacją poślizgu i bez jej stosowania. 440\*

621.313.333.025.1.001.24

D1  
Lloyd T. C.: Synteza silnika jednofazowego. „Single-phase motor synthesis.“ *Trans. amer. Inst. electr. Engrs.*, New York, t. 70, cz. 2, 1951, s. 1983; A4, 4,2 str., 2 rys., 3 wykr., 1 tabl., 4 poz. bibl. — Metoda obliczania jednofazowego silnika indukcyjnego przy założeniu wartości momentu krytycznego. Przykład obliczenia. Szybkie przeliczanie silników jednofazowych według zasady proporcjonalności. Przykład przeliczenia. Wyprowadzenie wzoru na moment krytyczny silnika jednofazowego. 441\*

621.316.718.5:078:621.313.333.2

D1  
Iwachnienko A. G.: Samoczynna regulacja prędkości obrotowej trójfazowych silników indukcyjnych klatkowych. „Автоматическое регулирование скорости короткозамкнутых трехфазных асинхронных двигателей.“ *Электричество*, Moskwa, mies., r. 72, Nr 6, czerw. 52, s. 30; A4, 6,5 str., 3 rys., 3 wykr., 8 poz. bibl. — Współpraca elementów w układzie regulator-silnik. Dobór parametrów wirnika silnika. Zasadniczy układ silnika z regulatorem z nasyconym dławikiem. Dyskusje układu i wytyczne projektowania. Układy dla pracy nawrotnej. Zasadnicze cechy omówionych układów regulacyjnych i ich zalety. 442\*

621.3.013.4:621.313.36

D1  
Carrar A.: Badanie graficznej komutacji maszyn komutatorowych. „Procedimento grafico della studio della commutazione della

macchine a collettore.“ *Elettrotecnica*, Milano, mies., r. 39, Nr 7, lip. 52, s. 310; A4, 6,6 str., 10 rys. — Opis metody wykreślnej pozwalającej ustalić kolejność i czas trwania okresu komutacji zezwojów położonych w tych samych żłobkach maszyny komutatorowej. Omówienie ogólne metody dla uzwojeń pętlcowych i falistych oraz przykłady zastosowania metody wykreślnej dla maszyn z uzwojeniem pętlcowym i falistym.

### Transformatory

443\* 621.314.21.025.1:621.3.014.33.001

D1  
Finzi L. A., Mutschler W. H.: Uderzenie prądu magnesującego w transformatorach jednofazowych. „The inrush of magnetizing current in single-phase transformers.“ *Trans. amer. Inst. electr. Engrs.*, New York, t. 70, cz. 2, 1951, s. 1436; A4, 2,5 str., 2 wykr., 10 poz. bibl. — Z podstawowego równania obwodu elektrycznego zasilanego napięciem sinusoidalnie zmiennym wyprowadzono wzór przedstawiający przebieg prądu magnesującego w chwili włączania transformatora. Metoda posługiwania się wzorem. Porównanie wyników obliczenia z wynikami pomiarów. 444\*

621.314.21.048.1.(73)

D1  
Manning M. L.: Zastosowanie w transformatorach izolacji klasy H. „The application of class-H insulation to transformers.“ *Trans. amer. Inst. electr. Engrs.*, New York, t. 70, cz. 2, 1951, s. 1427; A4, 9 str., 9 fot., 3 rys., 1 wykr., 3 tabl., 16 poz. bibl. — Określenie materiałów izolacyjnych klasy H, dla których najwyższa dopuszczalna temperatura określona normami amerykańskimi wynosi 180°C. Zastosowanie izolacji silikonowej do budowy transformatorów z izolacją klasy B. Dane konstrukcyjne oraz wyniki prób cieplnych transformatora przy pracy w atmosferze powietrza i azotu. Badanie odporności izolacji klasy H na ogień i wodę. W dyskusji podkreślono zalety oraz coraz większe rozpowszechnienie transformatorów z izolacją klasy J pracujących zarówno w atmosferze powietrza jak i azotu. 445\*

621.314.212-71:536.5.081

D1  
Hough A. L.: Zagadnienia eksploatacyjne transformatorów ze sztucznym obiegiem oleju i ze sztucznym chłodzeniem powietrznym. „Operating problems of forced-oil forced-air-cooled transformers.“ *Trans. amer. Inst. electr. Engrs.*, New York, t. 70, cz. 2, 1951, s. 1408; A4, 6 str., 1 rys., 8 wykr., 3 tabl., 6 poz. bibl. — Obliczanie najwyższego przyrostu temperatury oleju w transformatorze ze sztucznym obiegiem oleju i ze sztucznym chłodzeniem powietrznym przy zupełnie i częściowo nieczynnej chłodnicy. Porównanie wyników obliczeń oraz wyników pomiarów dla 2 transformatorów: o mocy 20 i 50 MVA. Urządzenia alarmowe i zabezpieczające stosowane dla omawianego rodzaju transformatorów. Metody pomiaru najwyższej temperatury wewnątrz transformatora. 446\*

621.314.212.017.71:536.5.082

D1  
Book C., Mason V. V.: Przyrządy do odtwarzania temperatury najgorętszego punktu. „The hot spot rise simulator.“ *Trans. amer. Inst. electr. Engrs.*, New York, t. 70, cz. 2, 1951, s. 1524; A4, 6,7 str., 1 fot., 3 rys., 3 wykr., 1 tabl., 8 poz. bibl. — Temperatura najgorętszego punktu transformatora. Wskaźniki temperatury najgorętszego punktu i trudności związane z ich eksploatacją. Zasada działania i konstrukcji przyrządu odtwarzającego na zewnątrz transformatora temperaturę najgorętszego punktu uzwojenia transformatora. Stała czasu i dokładności przyrządu. 447\*

621.314.224:621.315.616.96

D1  
Imhof A.: Suche przekładniki z izolacją ze sztucznej żywicy. „Kunstharz-Trocken-Messwandler.“ *Bull. SEV*, Zürich, dwutyg., r. 43, Nr 12, czerw. 52, s. 508; A4, 6,5 str., 18 fot., 13 poz. bibl. — Rozwój zapotrzebowania i produkcji przekładników z izolacją ze sztucznej żywicy. Przykłady konstrukcji przekładników przez pustowych, prądowych, napięciowych, wysokonapięciowych itp. Próby materiału izolacyjnego. Właściwości chemiczne, mechaniczne i elektryczne sztucznych żywic. Wyniki badania wykonanych przekładników. Nowe kształty przekładników 3-fazowych. Przekładniki na 150 kV i 220 kV. Zalety przekładników z izolacją żywiczną.

### Prostowniki

448\* 621.314.65:621.33

D1  
Gaszenie łuku w prostownikach rтсiowych. „Arc suppression in mercury arc rectifiers.“ *Rlv. Gaz.*, London, tyg., t. 97, Nr 14, paźdz. 52, s. 376; A4, 1,5 str., 2 fot., 1 rys. — Omówienie doświadczeń uzyskanych przy stosowaniu sterowania siatkowego impulsowego jako ochrony przed zapłonem wstęcznym prostowników rтсiowych stosowanych w trakcji elektrycznej. Opis nowego urządzenia elektronowego zapewniającego samoczynne dostarczenie na siatkę sterującą potencjału blokującego w przypadku powstania zapłonu wstęcznego. Schemat układu poleceń.



449\* 621.314.65.027.3:621.33(45) D1  
Costadoni C., Parigi G.: **Nowy prostownik trakcyjny na 3000 V.** „Un nuovo cilindro raddrizzatore per trazione a 3000 V.” Elettrotecnica, Milano, mies., t. 39, Nr 4, kw. 52, s. 178; A4, 21 str., 8 fot., 8 rys., 1 tabl., 23 poz. bibl. — Rozwój budowy prostowników trakcyjnych. Rozważenie możliwości obliczania prostownika. Znaczenie chłodzenia katody. Wybór kształtu komory roboczej prostownika. Chłodzenie powietrzne. Niektóre problemy konstrukcyjne i materiałowe prostowników. Opis nowego prostownika trakcyjnego firmy CGE na 3000 V, 2000 kW i przeciążalnością wg klasy C. Wyposażenie pomocnicze prostownika. Wyniki prób i pomiarów fabrycznych. Rezultaty pracy na kolejach włoskich.

#### Sieci elektryczne

450\* 621.316.11:621.3.012 D1  
Ben Uri J.: **Wykresy dla obliczenia przewodów elektrycznych.** „Diagramme zur Berechnung elektrischer Leitungen”. E und M, Wien, dwutyg., r. 69, Nr 19, paźd. 52, s. 439; A4, 5 str., 2 rys., 5 wyk., 8 poz. bibl. — Zależność napięcia, prądu i oporu pozornego linii długiej w funkcji długości (równania funkcji hyperbolicznych, wykresy). Przykład liczbowy podanej metody obliczeń linii. Przebieg napięcia wzdłuż przewodu długiego. Przykłady linii obciążonej (linia otwarta, zwarcie na końcu linii, zwarcie w dowolnym miejscu).

451\* 621.316.13.054.42:621.319.4 D1  
Akerström K. A., Smedsfelt S.: **Kondensatory szeregowo w sieciach rozdzielczych.** „Serie kondensatorer för distributionsnät.” Teknisk Tidskrift, Stockholm, tyg., Nr 44, grud. 51, s. 1033; A4, 6 str., 2 fot., 7 wyk. — Doświadczenia z próbnego stosowania kondensatorów szeregowych w promieniowej linii przesyłowej 20 kV. Lokalizacja i wymiarowanie kondensatorów. Porównanie z kondensatorami bocznikowymi. Opis wykonanych prób. Doświadczenia ruchowe. Wnioski: kondensatory szeregowo w pewnych przypadkach są znacznie lepsze niż inne środki, służące do poprawy warunków napięciowych w sieciach rozdzielczych.

#### Regulacja

452\* 621.316.7:338.45:621.34 D1  
Hohm H.: **Możliwości zastosowania przemysłowych układów sterujących.** „Anwendungsmöglichkeiten industrieller Steuerungen”. ETZ, Wuppertal, dwutyg., r. 73, Nr 9, maj 52, s. 295; A4, 2,5 str., 4 fot., 3 rys. — Nowe dążenia w ukształtowaniu i rozmieszczeniu urządzeń sterujących. Omówienie poszczególnych elementów układów sterujących z punktu widzenia ich roli w obwodzie. Styczniki, przekaźniki, przyciski, zespoły rozruchowe. Uwagi dotyczące rozmieszczenia aparatury sterującej. Sygnalizacja świetlna.

#### Miernictwo elektryczne

453\* 621.317.029.5:677 D1  
Locher H.: **Metody pomiarowe wielkiej częstotliwości w technice włókienniczej.** „Hochfrequenz — Messmethoden in der Textiltechnik”. Bull. SEV, Zürich, dwutyg., r. 43, Nr 16, sierp. 52, s. 653; A4, 6 str., 4 fot., 2 rys., 3 wyk. — Zapotrzebowanie na urządzenia do pomiaru przekroju długości, wilgotności, grubości itp. włókien i nici w procesach produkcyjnych. Właściwości dielektryczne materiałów tekstylnych, roślinnych i pochodzenia zwierzęcego. Właściwości materiałów syntetycznych. Wpływ wilgotności. Aparatura do pomiaru stałej dielektrycznej (na zasadzie pomiaru pojemności). Układy i charakterystyka aparatów. Urządzenia do pomiaru równomierności materiału. Kontrola i zastosowanie omówionych metod w przemyśle włókienniczym.

454\* 621.317.49 D1  
Hähnel S.: **Zastosowanie elektrotechniki w miernikach grubości.** „Elektroniska tjockleksmätare.” Teknisk Tidskrift, Stockholm, tyg., Nr 20, maj 51, s. 427; A4, 3 str., 6 rys., 5 wyk., 3 poz. bibl. — Opis trzech głównych typów mierników grubości: elektromagnetycznego, nadźwiękowego, z zastosowaniem różnych promieni. Stosowano promienie rentgenowskie i radioaktywne. Opis stosowanych detektorów promieniowania: komora jonizacyjna, przyrząd Geiger-Müllera i fotokomórka fluorescencyjna.

455\* 621.317.725:621.385 D1  
Budarov A. J., Lejekter L. J.: **Teoria i obliczenia woltomierza z ujemnym sprzężeniem zwrotnym.** „Teoria i rasczot riefls-nowo woltomietra.” Z. techn. Fiz., Moskwa, mies., t. 21, Nr 1, stycz. 51, s. 77; B5, 15 str., 3 rys., 8 wyk., 3 tabl., 4 poz. bibl. — Teoria woltomierza lampowego z ujemnym sprzężeniem zwrotnym. Możliwości zastosowania. Schemat i obliczenia woltomierza lampowego wielozakresowego o oporności powyżej 1000 megomów z normalnymi lampami odbiorczymi. W opisanym woltomierzu zastosowano lampę typu 6F5 i przyrząd pomiarowy magnetoelektryczny na zakres do 150  $\mu$  i oporność 800 omów. Za-

kresy woltomierza od 1 do 750 woltów bez dzielnika napięcia. Skale liniowe, zmiany napięcia zasilania oraz wymiana lamp nie wpływają na wyskalowanie woltomierza. Dodatkowe zalety woltomierza.

456\* 621.317.788:621.313.13-181.4 D1  
Van Wambeek S. H., Stein W. A.: **Specjalny dynamometr do prób silników małej mocy.** „A special dynamometer for testing small motors”. Electr. Engng., New-York, mies., t. 71, Nr 6, czerw. 52, s. 549; A4, 3 str., 3 fot., 2 wyk., 2 poz. bibl. — Trudności badania silników elektrycznych małej mocy. Wpływ wyższych harmonicznych momentu silników indukcyjnych. Ogólne metody badań silników. Opis konstrukcji różnych typów specjalnych dynamometrów i ich wyposażenia pomocniczego do prób małych silników. Pomiar momentu obrotowego dla różnych zakresów pracy silników elektrycznych. Porównanie i charakterystyka dynamometrów.

#### Elektromagnesy

457\* 621.318:621.34 D1  
Grebe O.: **Sprzęgło z proszkiem magnetycznym.** „Die Magnetpulver — Kupplung”. ETZ, Wuppertal, dwutyg., r. 73, Nr 9, maj 52, s. 281; A4, 3,5 str., 3 fot., 3 rys., 4 wyk., 5 poz. bibl. — Krótki zarys historyczny sprzęgła magnetycznych. Konstrukcja sprzęgła z proszkiem magnetycznym, zasada działania i charakterystyka (zależność przenoszonego momentu obrotowego od wielkości prądu wzbudzenia). Dyskusja charakterystyki sprzęgła. Zachowanie się sprzęgła przy występowaniu poślizgu. Praktyczne zastosowanie sprzęgła w urządzeniach o ciężkim rozruchu.

#### Oświetlenie elektryczne

458\* 621.32:535.241.42:621.312 D1  
Ward E. J.: **Oświetlenie stołów warsztatowych.** „The lighting of work benches.” Light a. Lighting, London, mies., t. 45, Nr 8, sierp. 52, s. 282; A4, 1,5 str., 1 fot., 1 rys. — Analiza rozkładu natężenia oświetlenia na polu pracy. Przykład oświetlenia stołu warsztatowego ze zgrzewarkami punktowymi dla produkcji żarówek. Rozkład natężenia oświetlenia.

459\* 621.32:628.94:535.241.431 D1  
Romagnoli Mosca G.: **Zagadnienia dobrego oświetlenia.** „Problemi di buona illuminazione.” Energia elettr., Milano, mies., Nr 1, stycz. 52, s. 21; A4, 19 str., 1 rys., 16 wyk., 7 tabl., 39 poz. bibl. — Analiza najważniejszych zagadnień techniki oświetleniowej z przytoczeniem najnowszych osiągnięć w tej dziedzinie. Warunki dobrego widzenia. Zalecane natężenie oświetlenia. Dopuszczalne jaskrawości. Zasady prawidłowego oświetlenia. Dodatek: Krótkie definicje pojęć i jednostek fotometrycznych, którymi posługuje się technika świetlna.

460\* 621.32:677.3 D1  
Howell J. W.: **Oświetlenie w wełnianym przemyśle włókienniczym.** „Lighting in the wool textile industry”. Light a. Lighting, London, mies., t. 45, Nr 5, maj 52, s. 157; A5, 7 str., 8 fot. — Postęp w technice oświetlania zakładów przemysłu włókienniczego wełnianego za ostatnie 10 lat (w Anglii). Oświetlenie przędzalni, gremplarni, snowalni, tkalni i wykańczalni. Zagadnienie barw w fabrykach włókienniczych.

461\* 628.971.6.003:621.326:621.327.43 D1  
Lucchi I.: **Nowoczesne poglądy na oświetlenie zewnętrzne.** „Moderne vedute su l'illuminazione pubblica.” Elettrotecnica, Milano, mies., Nr 3, marz. 52, s. 97; A4, 7 str., 7 rys., 8 wyk., 2 tabl., 8 poz. bibl. — Analiza warunków dobrego oświetlenia ulic wielkomiejskich i dróg wiejskich. Typy używanych źródeł światła i opraw oświetleniowych. Specjalne rozwiązania oświetlenia dla niektórych przypadków praktycznych. Instalacje zasilające. Przeprowadzenie analizy z gospodarskiego punktu widzenia.

462\* 621.326.003.1 D1  
Netušil J.: **Napięcie znamionowe żarówek z gospodarczego punktu widzenia.** „Hospodárné jemenovité napětí žárovek”. Elektrotechn. Obz., Praha, mies., Nr 11/14, list. 51, s. 219; A4, 10,5 str., 18 wyk., 4 tabl. — Zużycie energii elektrycznej dla celów oświetleniowych w skali gospodarki narodowej. Sposoby zaprowadzenia oszczędności w tej dziedzinie bez obniżenia natężenia oświetlenia oraz wyniki odnośnych badań w zakładach przemysłowych. Określenie wartości najkorzystniejszego napięcia znamionowego żarówki, przy którym koszt lumenogodziny jest najniższy. Wartość najkorzystniejszego napięcia znamionowego w przypadku wahania napięcia sieci i przy okresowych zmianach ceny energii elektrycznej.

463\* 621.327.43:628.971.6(43) D1  
Trappen E.: **Oświetlenie ulic w Niemczech.** „Street Lighting in Germany.” Light a. Lighting, London, mies., t. 45, Nr 2, luty 52, s. 45; A5, 6 str., 13 fot., 2 rys. — Rozwój oświetlenia ulic

w Niemczech Zachodnich po r. 1945. Zastosowania lamp fluoryzujących do oświetlenia zewnętrznego. Przykłady typowych układów lamp w oprawkach i konstrukcji opraw. Analiza rozkładu jaskrawości. Dane fotometryczne przykładowych rozwiązań oświetlenia ulic i placów.

### Trakcja elektryczna

464\* 621.33:621.396 D1  
Ablassmayer H.: **Wielkie częstotliwości w trakcji elektrycznej.** „Die Hochfrequenz im elektrischen Zugbetrieb“. Elektr. Bahnen, München, mies., r. 23, Nr 10, paźdz. 52, s. 245; A4, 9 str., 5 fot., 1 rys., 1 tabl. — Część pierwsza pracy została podana w Elektrische Bahnen 1950 r., s. 273. Szczegółowy opis wbudowanych w lokomotywy aparatów wielkiej częstotliwości do przenoszenia sygnałów, wykonanie konstrukcyjne, dane techniczne. Wyniki doświadczeń eksploatacyjnych rozpoczętych w 1942 r. na linii o wzniesieniu 25%. Przed wprowadzeniem urządzeń sygnałowych wielkiej częstotliwości musiano z powodu niedostatecznej korelacji przy rozruchu między lokomotywą ciągnącą a popychającą zmniejszyć ciężar doczepny o 10%; poza tym występowały częste rozłączenia pociągu. Wprowadzenie sygnalizacji wielkiej częstotliwości usunęło te niedogodności i pozwoliło na łatwe porozumienie się obu lokomotyw i prawidłowy rozdział mocy. Opis prób i badań sygnalizacji między lokomotywą ciągnącą a pchającą za pomocą fal ultrakrótkich.

465\* 621.333:621.335.43 D1  
Woods G. M., Steen C. R.: **Nowy szeregowy silnik trakcyjny.** „New series-type trolley coach motor“. Electr. Engng., New-York, mies., t. 71, Nr 6, czerw. 52, s. 523; A4, 4 str., 1 fot., 1 rys., 3 wykr., 1 poz. bibl. — Omówienie nowego typu silnika trolejowego. Ogólne wymagania stawiane tego rodzaju silnikom. Opis mechanicznej budowy i własności elektrycznych silnika szeregowego 140 KM, 600 V, 1700 obr./min., samoprzewietrzanego z izolacją rodzaju H. Przy hamowaniu pracuje dodatkowe wzbudzenie bocznikowe dla uzyskania właściwej charakterystyki.

466\* 621.396.823:621.33(436) D1  
Tipl J.: **Zakłócenia odbioru radiowego przez pojazdy elektryczne.** „Rundfunkstörungen durch elektrische Fahrzeuge“. Elektr. Bahnen, München, mies., r. 41, Nr 10 paźdz. 52, s. 254; A4, 5,8 str., 8 fot., 2 rys., 6 poz. bibl. — Skutki niewłaściwej współpracy odbieraka prądu z drutem jezdny. Powstanie zakłóceń odbioru radiowego. Sposoby zmniejszenia zakłóceń ze strony trakcji elektrycznej. Rozchodzenie się zakłóceń o wysokiej częstotliwości, obwód pojemnościowy, indukcyjny i galwaniczny, podstawowe wzory. Odbiór i zwalnianie zakłóceń. Sposób i metody pomiaru zakłóceń o wysokiej częstotliwości. Wyniki badań „zdolności odbieraków i ślizgaczy do zakłócenia odbioru radiowego“. Wyniki niektórych pomiarów przeprowadzonych na różnych odcinkach Austriackich Kolei Związkowych.

467\* 621.333.011.3:625.2.035 D1  
Pietrow B. P.: **Wpływ siły elektromotorycznej indukcji własnej w obwodzie elektrycznych silników trakcyjnych na ślizganie się kół przy poślizgu.** „Wlijanie e. d. s. samoindukcji w cepi tiagowych elektrodwigatelej na proskalazywanje koles pri buksowanii i juzie“. Elektricestwo, Moskwa, mies., Nr 11, list. 52, s. 40; A4, 6 str., 8 wykr., 9 poz. bibl. — Wykazano, że w niektórych przypadkach sam indukcji własnej w obwodzie silników trakcyjnych ma znaczny wpływ na proces poślizgu kół. Podano przybliżone rozwiązanie równania różniczkowego ruchu koła przy poślizgu z uwzględnieniem indukcyjności obwodu silnika trakcyjnego.

468\* 621.335.2.025(492) D1  
Nowe lokomotywy elektryczne w Holandii. „New power-bogie locomotives in Holland“. R.lw. Gaz., London, tyg., t. 97, Nr 18, paźdz. 52, s. 492; A4, 1 str., 1 fot. — Opis lokomotywy prądu stałego napięcia 1500 V, mocy 4000 KM o układzie osi Co-Co dla ciężkiego ruchu towarowego. Sterowanie przy pomocy pojedynczych styczników elektropneumatycznych zapewniających 40 pozycji rozruchowych w czym 14 położen jezdnych. Oslabienie pola do 47% przy dwóch silnikach łączonych w szereg, lub do 37% przy trzech do sześciu silnikach połączonych szeregowo.

469\* 621.335.42(43) D1  
Wilke G., Remmele G.: **Jazda i moc nowoczesnych elektrycznych wagonów silnikowych kolei głównych.** „Fahrprogramme und Leistungen moderner elektrischer Vollbahntriebwagen“. ETZ, Wuppertal, dwutyg., r. 73, Nr 18, sierp. 52, s. 597; A4, 3,3 str., 4 wykr.,

2 tabl., 1 poz. bibl. — Własności ruchowe nowoczesnych wagonów silnikowych. Zależności między zainstalowaną mocą a współczynnikiem trakcyjnymi w wagonach silnikowych. Nowoczesne wagony, budowane po wojnie przez Niemieckie Koleje Związkowe mogą spełnić wymagania stawiane przy wykorzystaniu ich do przyspieszenia ruchu podmiejskiego.

470\* 621.337.2.078 D1  
Anderegg E.: **Nowy rozrząd bezpieczeństwa f-my Oerlikon dla pojazdów silnikowych.** „Die neue Oerlikon-Sicherheitssteuerung für Triebfahrzeuge“. Bull. Oerlikon., Zürich, dwumies., Nr 288, marz.—kw.—maj 51, s. 2164; A4, 7 str., 4 fot., 3 rys., 1 wykr., 4 poz. bibl. — Opis nowego systemu rozrządu bezpieczeństwa (służącego do samoczynnego zatrzymania pociągu przy zasłabnięciu maszynisty) do elektrycznych wagonów silnikowych. Zaśady rozrządu bezpieczeństwa i kierowanie pociągami przez jednego maszynistę. Krótki opis istniejących dotychczas i stosowanych na kolejach szwajcarskich urządzeń rozrządowych bezpieczeństwa. Zasada działania i konstrukcja nowego systemu produkcji f-my Oerlikon z rozszerzonym zakresem bezpieczeństwa i samoczynną kontrolą czujności maszynisty.

471\* 621.031.1:621.337.52 D1  
Broadbent H. R.: **Ograniczenia hamowania.** „Confines of braking“. R.lw. Gaz., London, tyg., t. 97, Nr 18, paźdz. 52, s. 488, Nr 19, list. 52, s. 514, Nr 20, list. 52, s. 546, Nr 21, list. 52, s. 570, Nr 23, grud. 52, s. 627; A4, 6,5 str., 9 rys., 5 wykr. — Analiza zjawisk występujących podczas hamowania kół pojazdu. Siły działające na hamowany zestaw kołowy oraz cały wagon; wpływ poszczególnych parametrów, jak np. szybkość, przyczepność, tarcie; techniczne granice zwiększenia opóźnienia hamowania. Strona ekonomiczna zagadnienia.

### Napędy

472\* 621.316.718:621.34 D1  
Barskij S. Z.: **Możliwości powiększenia dokładności regulacji statycznej zautomatyzowanego układu napędowego.** „Riezierwy powyszenja tocznosti statičeskoego riegulirowanja awtomatizirowanowo elektropriwoda“. Elektricestwo, Moskwa, mies., r. 72, Nr 6, czerw. 52, s. 37; A4, 4,5 str., 3 rys. — Metoda obliczania dokładności regulacji statycznej układu Leonarda o szerokim zakresie zmian obrotów. Zasady sterowania w układzie ze zmiennym współczynnikiem sprzężenia zwrotnego. Wytyczne projektowania układów tego rodzaju. Przykłady układów regulacyjnych.

473\* 621.34:674.05:621.313.333 D1  
Rose H. A.: **Obróbka kłód drewnianych za pomocą elektrycznych „motocylinów“.** „Handling logs by electric motocylin“. Trans. amer. Inst. electr. Engrs. New-York, t. 70, cz. 2, 1951, s. 1613; A4, 8 str., 7 fot., 14 rys., 2 wykr., 3 tabl., 4 poz. bibl. — Nowy typ silników elektrycznych (tzw. „motocylin“) z wbudowaną przekładnią zębatą i wykorbionym końcem wału do napędu pił i innych maszyn stosowanych w tartakach. Charakterystyki silników oraz ich budowa. W dyskusji nad artykułem omówiono zalety nowego rodzaju silników.

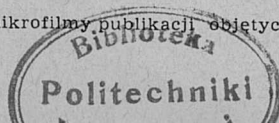
474\* 621.34:676.1 D1  
Tudor J. A., Platt D. M.: **Zastosowanie silników elektrycznych w przemyśle miazgi drzewnej i papierniczym.** „The application of electric motors in the pulp and paper industry“. Electr. Engng., New-York, mies., t. 71, Nr 1, styc. 52, s. 31; A4, 4,8 str., 2 wykr., 4 tabl., 4 poz. bibl. — Charakterystyka przemysłu papierniczego w USA. Schemat przebiegu produkcji papieru. Zapotrzebowanie mocy przez wyciąg do pni drzewnych. Różnice między napędem silnikiem pierścieniowym i kłatkowym. Silniki do napędu ścierek i zasady ich doboru. Zastosowanie pomp w przemyśle papierniczym. Zapotrzebowanie mocy przez maszynę papierniczą i inne urządzenia (tabele).

### Elektrotermia

475\* 621.365:621.3.036.53(73) D1  
Doświadczenia nad zastosowaniem wypraw chromitowych w piecach elektrycznych. „Experiences faites avec des soles en chromite dans des Four Electriques“. J. Four electr., Paris, dwumies., t. 61, Nr 5, wrzes.—paźdz. 52, s. 139, Nr 6, list.—grud. 52, s. 171. A4, 3 str., 2 tabl. — Przegląd prób zastosowania wypraw chromitowych w piecach elektrycznych różnego typu w przyszłości i obecnie. Najnowsze osiągnięcia na tym polu w stalowniach amerykańskich. Opis nowozastosowanego procesu „Rustecol“ z podaniem jego zasady i wyników metalurgicznych. Wnioski

Niniejszy Przegląd Dokumentacyjny zawiera jedynie część analiz dokumentacyjnych publikacji z zakresu elektrotechniki. Pełna dokumentacja ukazuje się w postaci kart dokumentacyjnych, wydawanych przez Centralny Instytut Dokumentacji Naukowo-Technicznej (Warszawa, Al. Niepodległości 188). GIDNT przyjmuje prenumeratę kart dokumentacyjnych, która może obejmować zarówno całą dokumentację naukowo-techniczną, jak i działy lub poszczególne zagadnienia i tematy techniczne.

GIDNT wykonuje za zwrotu kosztów fotokopie i mikrofilmy publikacji objętych Przeglądem Dokumentacyjnym, jak i kartami dokumentacyjnymi.





## Kursy Przygotowawcze SEP na stopień inżyniera

Stowarzyszenie Elektryków Polskich komunikuje, że organizuje III kolejny turnus rocznych Korespondencyjnych Kursów Przygotowawczych do egzaminu na stopień inżyniera elektryka i łączności.

Celem Kursów jest ułatwienie kandydatom, ubiegającym się o stopień inżyniera na mocy Ustawy o Stopniu Inżyniera z dnia 28 stycznia 1948 r., ugruntowania wiadomości teoretycznych.

Początek Kursów przewidziany jest na koniec września br.

Podania dodatkowe będą przyjmowane do 15 września br.

O szczegółach w sprawie wymaganych dokumentów, warunków uczęszczania na Kursy oraz programów Kursów informują wszystkie Oddziały SEP oraz Sekretariat Generalny SEP, Warszawa, ul. Czackiego 3/5.

## U W A G A

### INŻYNIEROWIE I TECHNICY

Na podstawie ustawy z dnia 18 lipca 1950 r. w sprawie rejestru inżynierów i techników (Dz. U.R.P. Nr. 36 poz. 329) wszyscy absolwenci wyższych i średnich szkół technicznych obowiązani są przed upływem 30 dni od chwili uzyskania tytułu inżyniera lub technika rejestrować się w Naczelnej Organizacji Technicznej prowadzącej rejestr.

Obowiązek ten dotyczy również osób wykonujących czynności powierzane zwykle inżynierom lub technikom, bądź też zajmujących stanowiska powierzane zwykle inżynierom lub technikom.

Osoby, które już rejestrowały się bądź w ogólnej rejestracji (w 1950 r.), bądź po dniu zakończenia spisu, obowiązane są zgłaszać zmiany: stopnia zawodowego lub naukowego, miejsca pracy, stanowiska i miejsca zamieszkania przed upływem 30 dni od chwili nastąpienia zmiany.

Kto świadomie lub przez niedbalstwo uchyla się od obowiązków przewidzianych ustawą, podlega karze aresztu i grzywny albo jednej z tych kar, zgodnie z art. 9 ustawy z dnia 18 lipca 1950 r.

Obowiązku rejestracji należy dopełnić w Biurze Rejestru Inżynierów i Techników w Warszawie, ul. Czackiego 3/5 lub w wojewódzkich oddziałach NOT.

Zmiany, poparte dokumentami, należy zgłaszać osobiście lub drogą korespondencji w Biurze Rejestru Inżynierów i Techników w Warszawie, ul. Czackiego 3/5.

NACZELNA ORGANIZACJA TECHNICZNA

## WARUNKI PRENUMERATY NA ROK 1954

### Komunikat Państwowego Przedsiębiorstwa Kolportażu

#### „RUCH”

Zgodnie z § 2 Zarządzenia Ministra Finansów z dnia 6. IX 1952 („Monitor Polski” Nr A 88 poz. 1374) „w sprawie ewidencji towarowej i zasad fakturowania w Państwowym Przedsiębiorstwie Kolportażu „Ruch” sprzedaż towarów prenumeratorom winna się odbywać po cenie detalicznej na zasadzie pełnych przedpłat”.

W związku z powyższym zawiadamiamy, że zamówienia na prenumeratę dzienników i czasopism na rok 1954 dla potrzeb urzędów, instytucji i przedsiębiorstw uspołecznionych, będą realizowane jedynie na warunkach pełnych przedpłat.

Przy składaniu zamówień ustala się następujące zasady:

Wszystkie zamówienia i przedpłaty na rok 1954 należy kierować do urzędów pocztowych w nieprzekraczalnym terminie do dnia 10 grudnia 1953 r.

Instytucje, urzędy i przedsiębiorstwa zamawiające prenumeratę dla podległych jednostek wg rozdzielnika i opłacające ją z kredytów centralnych mogą zamówienia kierować bezpośrednio do PPK „Ruch” nie później jednak niż do dnia 1 listopada 1953 r.

Zamówienia należy w tym wypadku sporządzić w dwóch egzemplarzach i wycenić, podając tytuły zamawianych czasopism, ilość egzemplarzy, cenę i wartość oraz ogólną sumę wartości całego zamówienia.

Zamówienia należy składać w oddziałach wojewódzkich PPK „Ruch” zamawiając dokładnie tylko te tytuły, które są w administracji danego oddziału wojewódzkiego.

PPK „Ruch” po sprawdzeniu zamówienia potwierdzi na kopii do dnia 20 listopada 1953 r. przyjęcie prenumeraty do realizacji podając ostateczną sumę należności, którą należy uregulować do dnia 10 grudnia 1953 r.

Ze względu na to, że PPK „Ruch” nie będzie wystawiało faktury, potwierdzenie zamówienia posłuży za podstawę do uregulowania należności.

Zaznacza się, że PPK „Ruch” będzie mogło realizować tylko te zamówienia, które zostaną złożone w ustalonym terminie, tj. do dnia 1 listopada br. i będą poparte przedpłatą do dnia 10 grudnia br.

W związku z powyższym prosimy o uwzględnienie w preliminarzu budżetowym na IV kwartał 1953 r. odpowiednich sum potrzebnych na opłacenie prenumeraty czasopism na rok 1954.

Aktualny cennik dzienników i czasopism znajduje się w każdym urzędzie pocztowym oraz w delegaturach i oddziałach PPK „Ruch”, które udzielą wszelkich informacji o warunkach prenumeraty.

GENERALNY DYREKTOR

(E. HERBST)

PRZEGLĄD TECHNICZNY, organ główny NOT, nr 8/53 zawiera następujące artykuły: Ważna uchwała Prezydium Rządu i walka o jej realizację. — Czarnowski J. W. Historia techniki ważnym elementem kształtowania światopoglądu. — Brach I. Postęp techniczny i metody jego określania. — Leskiwicz H. Automatyzacja wyrazem najnowszej techniki. — Hulanicki A. Znaczenie analizy spektralnej dla przemysłu. — Różycki M. Zastosowanie ultradźwięków. — Ja-

bloński S. Sole hartownicze krajowej produkcji. — Przyszybsz T. Srutowanie — nowa metoda obróbki powierzchniowej wyrobów. — Kowalski J. Rozwój teorii planowo-zapobiegawczych remontów w ZSRR. — Przed 25 laty. — Wolna Trybuna: Interesujące wiadomości i dyskusja trochę nie na temat. — Uszczuplony katalog. — Sprawy organizacyjne NOT i stowarzyszeń. — Wśród książek i wydawnictw. — Kronika. — Biuletyn CINDT. — Biuletyn GUM. — Przegląd Dokumentacyjny GUM.

## PAŃSTWOWE WYDAWNICTWA TECHNICZNE

## Nowości wydawnicze

- BORMAN H., MAJCHERT-PLANETA N., PEREC M.: Pokrycia galwaniczne. 1953, s. 171, zł 11.70  
DOBRZAŃSKI T.: Rysunek techniczny. Wydanie czwarte uzupełnione. 1953, s. 168, zł 9.—  
HOBLER T.: Ruch ciepła i wymienniki. 1953, s. 536, zł 57.— (w oprawie)  
HUPERT S.: Połączenia spawane konstrukcji stalowych w budownictwie. 1953, s. 175, zł 17.—  
JABŁONSKI S.: Mały poradnik hartownika. 1953, s. 259, zł 17.20 (w oprawie)  
KARLIC S.: Maszyny i urządzenia wyciągowe w kopalnictwie naftowym. 1953, s. 272, zł 28.10 (w oprawie)  
KLIMCZYK W.: Odlewanie wlewków stalowych. 1953, s. 214, zł 22.50 (w oprawie)  
KOWALCZYK S.: Tolerancje i pasowania w budowie maszyn. 1953, s. 128, zł 12.50 (w oprawie)  
MACKIEWICZ S.: Narzyny. Konstrukcja. 1953, s. 68, zł 5.—  
MAZANEK T.: Obsługa pieca martenowskiego. 1953, s. 104, zł 6.70  
MOSZYŃSKI W.: Wytrzymałość zmęczeniowa części maszynowych. 1953, s. 279, zł 24.60 (w oprawie)  
PANFIŁOW M. I.: Szybkościowe wytapianie stali w piecach martenowskich. Tłum. z ros. K. Radzwicki. 1953, s. 168, zł 10.60  
PIWŃSKI T.: O czym powinien wiedzieć formierz przy ręcznym formowaniu. 1953, s. 128, zł 7.—  
Poradnik techniczny „Mechanik”. Tom II. część 2 — Metaloznawstwo. Praca zbiorowa. Wyd. 3 całkowicie przerobione. 1953, s. 752, zł 65.40 (w oprawie)  
PROWANS S.: Pomiary temperatur. 1953, s. 212, zł 22.20 (w oprawie)  
ROKOTIAN E. S.: Współczesne walcownictwo w Związku Radzieckim. Tłum. z ros. J. Warzański. 1953, s. 47, zł 3.50  
RÓŻYCKI J.: Krótki zarys odwzorowań kartograficznych. Część 2. 1953, s. 200, zł 22.20 (w oprawie)  
SCHWARTZ T.: Elektrotermia. Tom II. 1953, s. 272, zł 16.40  
ZAGAJEWSKI T., MALZACHER S., KULISZKIEWICZ W.: Elektronika przemysłowa. 1953, s. 387, zł 33.— (w oprawie)

**Nagrody Państwowych Wydawnictw Technicznych  
za najlepiej opracowane książki oryginalne i tłumaczone w 1952 r.**

**PRACE ORYGINALNE**

*Nagroda honorowa*

„Architektura polska do połowy XIX wieku” oprac. w Zakładzie Architektury Polskiej Politechniki Warszawskiej pod kierownictwem J. Zachwatowicza przy współpracy Z. Świechowskiego i J. Miłobędzkiego.

KUCZEWSKI W.: Metalurgia żelaza T. I-III

*I nagroda*

CIBOROWSKI J.: „Inżynieria chemiczna” cz. I—III

*II nagroda*

NAMYSŁOWSKI S.: „Technologia tłuszczów roślinnych”

ŚLEDZIEWSKI E.: „Projektowanie konstrukcji spawanych”

WUSATOWSKI Z.: „Podstawy procesu walcowania”

*III nagroda*

ASSBURY E. i CZARNECKA J.: „Jak prowadzić bibliotekę fachową w zakładzie produkcyjnym”

KAWECKI J.: „Blacharstwo”

PIĘTKOWSKI R.: „Mechanika gruntów”

SZMIREK J.: „Powietrzne wiertarki obrotowe”

WOYNAROWSKI Z. i ŻMIGRODZKI W.: „Niskonapięciowe wyłączniki przemysłowe”

*Dyplom uznania*

„Kataliza i katalizatory”, oprac. E. Błasiak, S. Bretsznajder, J. Ciborowski, A. Krause, Z. Sokalski, E. Treszczanowicz, J. Zawadzki

„Mechanik” T. IV, cz. III, oprac. I. Brach, Z. Grunwald, S. Król, A. Piątkiewicz, A. Rachalski

JELLONEK A.: „Miernictwo radiotechniczne” Wyd. 2

ŁUKASZEK J.: „Poradnik tokarza-metalowca”

MALISZ B.: „Lokalizacja przemysłu”

PIOTROWSKI E.: „Montaż szyn elektroenergetycznych”

SOCHOR B.: „Termometry elektryczne”

WASILEWSKI Z.: „Winiarz”

**TŁUMACZENIA**

*II nagroda*

B. Beuth — za tłumaczenie pracy „Przędzalnictwo lnu” G. Pikowskiego

W. Polackowa — za tłumaczenie pracy „Chemia organiczna” A. Hollemanna i F. Richtera T. I, II

M. Skarbiński — za tłumaczenie pracy „Normowanie techniczne w odlewnictwie” S. Russjana

K. Smolaga — za tłumaczenie pracy „Remont turbin parowych” W. Mołoczka

Do nabycia w księgarniach technicznych Domu Książki