

A 12795

PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY

ORGAN

MINISTERSTWA ENERGETYKI, MINISTERSTWA PRZEMYSŁU MASZYNOWEGO,
STOWARZYSZENIA ELEKTRYKÓW POLSKICH

ROK XXIX

ZESZYT 4

21.IV.1953

Socjalizm może zwyciężyć jedynie na podstawie wysokiej wydajności pracy, wyższej niż w ustroju kapitalistycznym, na podstawie obfitości produktów i wszelkiego rodzaju przedmiotów spożycia, na podstawie dostatniego i kulturalnego życia wszystkich członków społeczeństwa.

Technika nie może stać w miejscu, musi się wciąż doskonalić; dawna technika musi być wycofana z użytku i zastępowana nową, a nowa — najnowszą.

Mechanizacja procesów pracy jest dla nas tą nową i decydującą siłą, bez której niemożliwe jest utrzymanie ani naszego tempa, ani nowej skali produkcji.

Technika bez ludzi, którzy opanowali technikę, jest martwa. Technika kierowana przez ludzi, którzy opanowali technikę, może i powinna dokonać cudów.

Co by się stało, gdyby nie poszczególne grupy robotników, lecz większość robotników podniosła swój poziom kulturalno - techniczny do poziomu personelu inżyniersko-technicznego? Nasz przemysł wzniósłby się wówczas do wyżyn nieosiągalnych dla przemysłu innych krajów.

J. STALIN



WYDAWNICTWO NACZELNEJ ORGANIZACJI TECHNICZNEJ

SPIS RZECZY

Dzieło Stalina żyje i zwycięża.
Pamięci Klementa Gottwalda.
Lutyński J. Odpylanie spalin przy użyciu elektrofiltrów.
Pelczewski W. Zasada działania amplityny.
Kolbiński K. Kable energetyczne.
Woynarowski Z. Łączniki niskonapięciowe.
Frycz F. Rodzaje korozji występujące w elektrotechnice (w energoelektryce i teleelektryce).
Przegląd czasopism:
Montaż taśmowy w produkcji drobnotoryjnej.
Aparaty do dokładnego odpylania spalin.
Instalacje kombinowanych odpylaczy na wielkich kotłach pyłowych.
Biuletyn Instytutu Elektrotechniki:
Analiza napięć powrotnych w układzie styczników pracujących z silnikami trójfazowymi niskiego napięcia.
Przegląd dokumentacyjny elektrotechniki.

СОДЕРЖАНИЕ

Дело Сталина живет и побеждает.
Памяти Кlementa Gottwalda.
Лутынский Я. Очистка продуктов сгорания при помощи электрофильтров.
Пелчевский В. Принцип действия амплитины.
Кольби́нский К. Силовые кабели.
Войнаровский З. Выключатели низкого напряжения.
Фрыч Ф. Различные виды коррозии в электротехнике (сильных и слабых токов).
Обзор журналов:
Конвейерная сборка в мелкосерийном производстве.
Аппараты для точного улавливания пылевых частиц в продуктах сгорания.
Установки комбинированных пылеуловителей для больших котлов с пылеугольными топками.
Бюллетень Электротехнического Института:
Анализ возвратных напряжений в системе контакторов, работающих с трехфазными двигателями низкого напряжения.
Библиографический обзор электротехники.

CONTENTS

Stalin's work lives and prevails.
In Memory of Klement Gottwald.
Lutyński J. Dust removal from combustion products by means of electric precipitators.
Pelczewski W. Principles of amplitidyne operation.
Kolbiński K. Power cables.
Woynarowski Z. Low-tension switches.
Frycz F. Types of corrosion met with in electrical practice (in power and teleelectric practice).
Review of periodicals:
Assembly line method in small serial production.
Devices for thorough dust removal from combustion products.
Series dust-collector installations on large pulverised coal boilers.
Bulletin of the Electrotechnical Institute:
Analysis of back-voltage in contactor systems working in conjunction with L. T. three-phase motors.
Electrotechnical Bibliography Review.

VI Zjazd Delegatów SEP

odbędzie się 11 maja 1953 r. w Warszawie

Warunki prenumeraty PRZEGŁĄDU ELEKTROTECHNICZNEGO w 1953 r.

I. Prenumerata normalna

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

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

Termin zgłaszania prenumeraty normalnej na okres roczny, półroczny lub kwartalny upływa z dniem 15 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 zakładowe 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 II kwartał — do 1 marca 1953 r.,
„ III „ — 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.

„Zamówienia i przedpłaty na prenumeratę czasopism technicznych NOT, poczynawszy od 1 maja 1953 r., przyjmowane będą w nowych terminach: od dnia 11 każdego miesiąca do dnia 10 następnego miesiąca — na najbliższy okres kalendarzowy.

Na okresy miesięczne
Na okresy kwartalne

— co miesiąc.
— odpowiednio do dnia 10-go m-ca grudnia, marca, czerwca i września.
— do dnia 10-go m-ca grudnia i czerwca.
— do dnia 10-go m-ca grudnia.

Analogiczne dotyczy przyjmowania prenumeraty przez Urzędy Pocztowe i listonoszy.”

Redaktor naczelny inż. Tadeusz Czaplicki. — Wydawca: Naczelna Organizacja Techniczna. — Adres Redakcji i Administracji: Warszawa, Czackiego 3/5, tel. 895-10 do 18.

Nakład 6000. Papier ilustr. kl. V. 70 g. — 86 × 122/16. Oddano do składania 27.II.53. Podd. do druku 7.IV.1953. Druk ukończono 13.IV.53. Drukarnia im. Rewolucji Październikowej, Warszawa, Mińska 65. Zam. Nr. 214c/53-4-B-14632.

PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY

ORGAN

MINISTERSTWA ENERGETYKI, MINISTERSTWA PRZEMYSŁU MASZYNOWEGO,
STOWARZYSZENIA ELEKTRYKÓW POLSKICH

Redaktor naczelny inż. Tadeusz Czaplicki. — Redaktorzy działów inżynierowie: Stanisław Andrzejewski, Janusz Gni-
wiewski, Leszek Zienkowski, Tadeusz Zarnecki

Rok XXIX

Warszawa, 21 kwietnia 1953 r.

Zeszyt 4

Dzieło Stalina żyje i zwycięża

Ból narodów radzieckich i krajów demokracji ludowej po stracie genialnego budowniczego pierwszego państwa socjalistycznego jest bólem całej pracującej ludzkości.

Gdy w dniu 9 marca w Moskwie zegar na Kremlu wydzwaniał godzinę 12, gdy zegary w Warszawie wskazywały godzinę 10, a w Szanghaju 17, zamarli w bezruchu, w milionowej warcie honorowej, wszyscy ludzie pracy ZSRR i państw demokracji ludowej. Na całym świecie ludzie, którym drogi jest pokój, uświadomili sobie, iż odszedł wielki człowiek, który był chorążym walki o pokój.

Umarł Stalin, lecz zostają jego nieśmiertelne dzieła, znaczące, jak słupy milowe, drogę ludzkości ku szczęśliwej przyszłości.

Stalin wraz z Leninem stworzyli i wychowali partię nowego typu, partię bolszewicką, partię, która jest gwarancją zwycięstwa proletariatu nad kapitalizmem, partię okrytą chwałą — Komunistyczną Partię Związku Radzieckiego.

Stalin wraz z Leninem byli wodzami Wielkiej Rewolucji Październikowej, rewolucji, która po raz pierwszy w historii świata nie zastąpiła jednej grupy wyzyskiwaczy inną, lecz która zniósła wyzysk kapitalistyczny i wyzwoliła z niego pracujących na 1/6 globu ziemskiego.

Stalin wraz z Leninem rozzgromili rodzimych kontrrewolucjonistów i obcych interwentów kapitalistycznych, gdy ci usiłowali zniweczyć zdobycze rewolucji, obalić władzę Rad. Stalin zdemaskował i rozbił zdrajców narodu, zabezpieczając tym budownictwo socjalizmu w ZSRR.

Stalin był inicjatorem i organizatorem industrializacji ZSRR, jedynej drogi do budowy socjalizmu w jednym, odosobnionym kraju, jakim był wówczas Związek Radziecki.

Stalin twórczo rozwinął i zrealizował spółdzielczy plan Lenina, zorganizował masowe przejście wielomilionowego chłopstwa radzieckiego na drogę kolektywizacji. Dzięki Stalinowi zaoferowana i rolnicza Rosja przekształciła się w potężne państwo przemysłowo-rolnicze.

W okresie najazdu hitlerowskiego Stalin zorganizował obronę, przygotował i zrealizował drugą porażkę faszystowskim agresorom.

Pod dowództwem Stalina okryta chwałą armia radziecka odniosła historyczne zwycięstwo, które wyzwoliło liczne narody Europy i Azji, umożliwiła im budowę nowego życia bez kapitalistów i obszarników, uratowała ludzkość od faszystowskiej niewoli i zagłady.

W latach powojennych pod kierownictwem Stalina Związek Radziecki nie tylko zaleczył straszne rany wojenne, ale stał się mocniejszy i potężniejszy niż przed wojną. Przystąpił do budownictwa komunizmu, do realizacji wielkich planów przeobrażenia przyrody.

Stalin był wodzem obozu pokoju oraz człowiekiem i nieustraszoną bojownikiem o utrzymanie pokoju na całym świecie. Dlatego też imię jego stało się sztandarem ludzi dobrej woli całego świata, ludzi walczących o pokój i szczęśliwe jutro.

Stalin, jako wielki myśliciel, pchnął naukę we wszystkich dziedzinach wiedzy na nowe tory. Jego spuścizna naukowa stanowi nowy etap w rozwoju myśli ludzkiej. Wiele dzieł Stalina przetłumaczono niemal na wszystkie języki świata. Przemawiają one do ludzi pracy w świecie kapitalistycznym wskazując im drogę walki o wyzwolenie, o szczęśliwą przyszłość. W krajach demokracji ludowej dzieła Stalina są nieocenioną pomocą w budownictwie socjalistycznych stosunków wytwórczych.

Osobistym dziełem Stalina jest sformułowanie i wprowadzenie w czyn nowej socjalistycznej polityki narodowościowej, będącej podstawą nie tylko do utworzenia braterskiego sojuszu narodów Związku Radzieckiego, ale i do prawdziwej przyjacielskiej współpracy dużych i małych narodów ze wspólną obroną ich niepodległości. Od wystąpienia Stalina, jako komisarza ludowego do spraw narodowościowych w r. 1917, po ostatnie wystąpienia uczniów Stalina — dyplomatów Radzieckich w Organizacji Narodów Zjednoczonych trwa nieugięta, konsekwentna polityka ZSRR w obronie praw wszystkich narodów do niezależnego bytu państwowego.

Stalinowi zawdzięcza naród polski swoje dwukrotne wyzwolenie spod obcego ucisku. Pod kierownictwem Lenina i Stalina Rewolucja Październikowa zniósła carskie więzienie narodów, uwolniła naród polski. Pod dowództwem Stalina Armia Radziecka zdruzgotała hitlerowskie więzienie narodów, ocaliła naród polski od fizycznej zagłady. Wojsko polskie zawdzięcza Stalinowi swój czynny udział w walce o wyzwolenie kraju.

Dzięki Stalinowi Polska odrodziła się w granicach na Odrze i Nysie, uregulowała rachunek krzywd, wyrządzonych przez polskie klasy posiadające Ukraincom, Białorusinom i Litwinom, stała się państwem jednolitym narodowo o wielkich możliwościach rozwoju. Granice Polski Ludowej zarówno na wschodzie, jak i na zachodzie, nie tworzą już muru obcości, lecz łączą bratnie, zaprzyjaźnione narody.

Zawdzięczamy Stalinowi szybki rozwój stosunków międzynarodowych nowego typu, które coraz bardziej umacniają więzy polityczne, gospodarcze i kulturalne, łączące nas z ZSRR i krajami demokracji ludowej.

Stalin powiedział: „Doświadczenie tej współpracy dowodzi, że żaden kraj kapitalistyczny nie mógłby udzielić krajom demokracji ludowej tak skutecznej i na tak wysokim poziomie technicznym stojącej pomocy, jakiej udziela im Związek Radziecki. Chodzi nie tylko o to, że pomoc ta jest maksymalnie tania i technicznie pierwszorzędna. Chodzi przede wszystkim o to, że u podstaw tej współpracy leży szczere pragnienie wzajemnego przyjscia sobie z pomocą i osiągnięcia wspólnego podniesienia gospodarki. W rezultacie mamy wysokie tempo rozwoju przemysłu w tych krajach. Można powiedzieć z całą pewnością, że przy takim tempie rozwoju przemysłu dojdzie wkrótce do tego, że kraje te nie tylko nie będą potrzebowały przywozu towarów z krajów kapitalistycznych, lecz same odczują konieczność zbywania na zewnątrz nadwyżek swej produkcji“ (Stalin, Ekonom. probl. socjal. w ZSRR, Książka i Wiedza, str. 34—35).

Stalin wskazał, że warunkiem decydującym o zwycięstwie nowego ustroju nad starym jest podniesienie wydajności pracy na poziom wyższy od tego, który mógłby być osiągnięty przy starym ustroju. Nie tylko teoria marksistowska, ale dotychczasowe nasze doświadczenie w budownictwie socjalizmu udowadniają niezbicie, że w warunkach socjalizmu, w warunkach zgodności charakteru stosunków produkcji i sił wytwórczych następuje tak szybki wzrost wydajności pracy, że w niedalekiej przyszłości osiągniemy i prześcignemy poziom wydajności pracy najbardziej rozwiniętych krajów kapitalistycznych. Jednym z podstawowych warunków szybkiego podniesienia wydajności pracy jest nieustanny postęp techniki, zastępowanie techniki starej — nową, nową zaś — najnowszą. Ten rozwój techniki odbywa się na gruncie socjalistycznej elektryfikacji kraju.

„Lenin rozumie elektryfikację kraju nie jako izolowane zbudowanie poszczególnych elektrowni, lecz jako stopniowe »przestawienie gospodarki kraju, a więc również rolnictwa, na nową bazę techniczną, na techniczną bazę nowoczesnej, wielkiej produkcji«, związanej tak czy inaczej, bezpośrednio czy pośrednio, ze sprawą elektryfikacji“ (Stalin, tom II, str. 262, 263).

Zasadniczą cechą socjalistycznej elektryfikacji kraju jest taki sposób, jej przeprowadzenia, który realizuje podstawowe prawo ekonomiczne socjalizmu, tj. zaspokajanie potrzeb społeczeństwa na gruncie ciągłego wzrostu i doskonalenia produkcji socjalistycznej. Dlatego też, socjalistyczna elektryfikacja kraju jest przeciwieństwem elektryfikacji kapitalistycznej.

„Póki utrzymuje się kapitalizm i własność prywatna środków produkcji, elektryfikacja całego kraju i szeregu krajów — po pierwsze — nie może być szybka i planowa, po drugie — nie może być wykonana dla dobra robotników i chłopów. Przy kapitalizmie elektryfikacja nieuchronnie prowadzi do wzmocnienia ucisku robotników i chłopów przez wielkie banki“ (Lenin, tom XIX, str. 42).

W gospodarce socjalistycznej elektryfikacja jest podporządkowana zasadniczemu celowi planu zbudowania i rozwoju socjalizmu.

Stalin rozwinął i wzbogacił leninowską naukę o elektryfikacji kraju. Lenin i Stalin wykazali odrębność i wyższość elektryfikacji socjalistycznej nad kapitalistyczną. Wyższość ta występuje w planowym charakterze rozwoju elektryfikacji, w oszczędnym gospodarowaniu zasobami surowców energetycznych, w wykorzystaniu paliw miejscowych przy ich energochemicznym użytkowaniu. Wyższość ta polega na szerokim stosowaniu gospodarki skojarzonej w wytwarzaniu ciepła i energii elektrycznej; wreszcie socjalistyczna elektryfikacja kraju przewiduje szerokie wyzyskanie sił wodnych w powiązaniu z planami przeobrażenia przyrody, z rozwiązywaniem problemów żeglugi i nawodnienia. Socjalistyczna elektryfikacja kraju zakłada znacznie szersze stosowanie energii elektrycznej w gospodarce narodowej dla stworzenia materialno-technicznych podstaw komunizmu.

Elektryfikacja kapitalistyczna jest funkcją walki konkurencyjnej i militaryzacji, rozwija się bezplanowo i podporządkowana jest pogoni za maksymalnym zyskiem.

Nasza elektryfikacja służy dobru ogółu, podnosi wydajność pracy, zwiększa dobrobyt społeczeństwa i stwarza przesłanki przejścia do socjalizmu i od socjalizmu do komunizmu. Dlatego też formy naszej elektryfikacji są zasadniczo inne od kapitalistycznej. W okresie industrializacji kraju podstawowym zadaniem elektryfikacji jest zapewnienie podstaw energetycznych dla rozwoju przemysłu ciężkiego.

Socjalistyczna industrializacja jest wyrazem sojuszu robotniczo-chłopskiego i jakkolwiek elektryfikacja bezpośrednio w mniejszym stopniu dotyczy rolnictwa i wsi niż przemysłu, to jednak jej rozwój w całości służy interesom pracującego chłopstwa przez dostarczanie mu środków produkcji, nawozów sztucznych i maszyn.

Obserwowany obecnie w Polsce szybki wzrost spożycia energii elektrycznej na cele konsumpcyjne zarówno w mieście, jak i na wsi, jest wyrazem i przesłanką rewolucji kulturalnej w naszym kraju.

Socjalistyczne uprzemysłowienie Polski jest nie do pomyślenia bez równoczesnej i intensywnej elektryfikacji kraju. Na przeszczodzie elektryfikacji kraju stało w okresie międzywojennym m. in. zacofanie naszej energetyki i nikły stan krajowego przemysłu elektrotechnicznego.

Zacofanie polskiej energetyki, jak i przemysłu ciężkiego, tłumaczy się tym, że państwo polskiej burżuazji powstało w okresie, gdy proces postępującego rozkładu kapitalizmu, związany z imperialistyczną fazą jego rozwoju, był już daleko posunięty.

Polska burżuazja zdobyła władzę państwową już po Rewolucji Październikowej, kiedy na całym świecie reakcyjny charakter burżuazji był już zupełnie określony, kiedy burżuazja hamowała coraz silniej rozwój sił wytwórczych. Dlatego polska burżuazja, niezainteresowana w rozbudowie krajowego przemysłu, stosowała półfeudalne formy wyzysku, dlatego też kapitał zagraniczny wszechwładnie panował w przemyśle polskim, szczególnie zaś w przemyśle energetycznym.

Faktyczny i prawny monopol pozwalał właścicielom tzw. koncesji elektrycznych na wyciąganie maksymal-

nych zysków bez względu na stan techniczny zakładów. Brak postępu technicznego w energetyce wynikał stąd, że tylko przymusowe prawo konkurencji daje bodźca kapitaliście do wprowadzenia nowych urządzeń i procesów technologicznych, ponieważ „ani jeden kapitalista nie zastosuje nowych metod produkcji dobrowolnie, niezależnie od wydajności tej nowej metody“ (Marks, Engels, tom XIX, cz. I, str. 285).

Stąd w polskiej energetyce nieomal powszechnie stosowane były urządzenia na niskie parametry pary oraz małe, nieekonomiczne jednostki kotłowe i turbinowe; stąd marnotrawne zużycie najwyższych sortymentów węgla kamiennego; stąd wadliwa lokalizacja elektrowni; stąd brak układów energetycznych i niedorozwój sieci wysokich napięć; stąd słabość krajowego przemysłu elektrotechnicznego.

Tak więc stan energetyki i przemysłu elektrotechnicznego w chwili objęcia władzy przez klasę robotniczą w Polsce uniemożliwiał szybkie i szerokie przeprowadzenie elektryfikacji kraju własnymi środkami.

Wobec zaostrej się w ostatnich latach blokady państw demokratycznych przez imperializm amerykański możliwość zakupu urządzeń w krajach kapitalistycznych sprowadzała się do nielicznych przypadków.

Przemysł państw demokracji ludowej — wobec odbywającego się tam procesu socjalistycznej industrializacji i zwiększonego zapotrzebowania mocy w ich własnej gospodarce — może obecnie pokryć tylko część naszych potrzeb inwestycyjnych.

W tych warunkach braterska i bezinteresowna pomoc Związku Radzieckiego i bezpośrednia, osobista pomoc Józefa Stalina miała decydujące znaczenie dla elektryfikacji naszego kraju. Pomoc ta wyraża się m. in. w dostawach kompletnych wielkich elektrowni, odpowiadających najbardziej nowoczesnej technice. Taką elektrownią jest znajdująca się w przeddzień uruchomienia największa w Polsce siłownia, Jaworzno II, mająca kotły o wydajności 230 ton pary na godzinę, turbiny o mocy 50 MW na wysokie parametry pary.

Związek Radziecki dostarcza nam pełne wyposażenie pierwszej w Polsce elektrowni-ciepłowni na Żeraniu, obejmujące pierwsze na świecie turbiny ciepłowniane wielkiej mocy WT-25 z upustem pary 100 t/h. Związek Radziecki dostarczył nam kompletne wyposażenie największej w Polsce elektrowni wodnej im. Ludwika Waryńskiego w Dychowie. Związek Radziecki dostarcza nam szeregu kompletnych elektrowni-ciepłowni przemysłowych, wyposażonych w najbardziej nowoczesny sprzęt energetyczny.

Polski energetyk, montujący i eksploatujący nowoczesne, otrzymane ze Związku Radzieckiego potężne ogniwa nowej polskiej sieci energetycznej, z wdzięcznością wymawia imię Stalina, widząc jego osobisty wkład w rozwój naszej energetyki. Związek Radziecki dostarcza naszemu przemysłowi ciężkiemu w pełni zautomatyzowane urządzenia wytwórcze jak uruchomiony przed pół rokiem wielki zgniatacz w hucie „Bobrek“, jak montowane urządzenia produkcyjne dla Nowej Huty. Polski elektryk montujący i uruchamiający nowoczesne radzieckie urządzenia napędowe z wdzięcznością myśli o Wielkim Stalinie, dzięki któremu ten nowy sprzęt wielokrotnie nasze możliwości produkcyjne, powiększył wydajność naszej pracy, zmniejszy trud fizyczny polskiego robotnika.

Dostarczone nam urządzenia stanowią wyraz najwyższej na świecie techniki radzieckiej, łączącej wysoką sprawność urządzeń z niespotykaną w krajach kapitalistycznych typizacją urządzeń i płynącymi stąd zaletami eksploatacyjnymi.

Jednakże dostawy urządzeń nie są jedyną formą braterskiej pomocy Związkowi Radzieckiemu. Ważną formą tej pomocy jest dostarczanie pełnej dokumentacji technicznej instalowanych obiektów. W trakcie montażu urządzeń doświadczeniem swym służą nam radzieccy inżynierowie, technicy i monterzy. Nasze budowie energetyczne stają się wielką szkołą nowoczesnych metod budownictwa i montażu. Tam wychowują się nowe kadry budowniczych, którym towarzysze radzieccy przekazują 30-letnie doświadczenie budownictwa wielkiej energetyki radzieckiej.

W Związku Radzieckim kształcą się nasi inżynierowie, opanowując teorię i praktykę nowoczesnej, socjalistycznej energetyki.



Eksperci radzieccy, specjaliści najwyższej klasy, pomogli nam w rozwiązaniu szeregu zadań technicznych, niejednokrotnie całkiem nieznanych naszym inżynierom, jak np. projektowania sieci ciepłowniczych dla wielkich miast.

Związek Radziecki dostarcza nam dokumentację techniczną dla produkcji najnowocześniejszych kotłów i turbozespołów, stwarzając w ten sposób dla nas warunki budowy fundamentów własnej produkcji sprzętu energetycznego.

Stalin odszedł, lecz pozostała Komunistyczna Partia Związku Radzieckiego. Partia ta, zaprawiona w ciężkich bojach przez Lenina i Stalina, stanowi monolit, o którego jedność rozbiły się niejednokrotnie najsilniejsze ataki kapitalistów, załamywały się najprzebieglejsze usiłowania nasłanych agentów.

Partia ta wychowała nie tylko swych członków, ale masy pracujące ZSRR w postawie czujności i aktywności.

Naród radziecki złożył dowody swej jedności i siły podczas ostatniej wojny narodowej; w najcięższych sytuacjach, w obliczu ciężkich ciosów tym mocniej zwierał swoje szeregi dokoła partii i rządu.

Bohatera KPZR jest kontynuatorką wielkiego dzieła Stalina. Siła i hart tej partii są gwarancją, że we froncie walki o postęp i pokój Związek Radziecki będzie nadal główną ostoją i nadzieją pracującej ludzkości.

W obliczu bolesnej straty, jaką jest śmierć Józefa Stalina, jeszcze mocniej skupiają się w braterską rodzinę wokół Związku Radzieckiego i jego Partii Komunistycznej wszystkie demokratyczne narody, wszyscy postępowi ludzie na świecie.

Wielka jest strata, którą poniósł Naród Polski przez śmierć naszego Wielkiego Przyjaciela. Polscy elektrycy wraz z całym Narodem czczą pamięć Stalina jednocząc się we Froncie Narodowym dla realizacji wskazań Stalina — dla obrony pokoju, dla budowy socjalizmu.

Pamięci Klementa Gottwalda

Naród polski łączy się w żałobie i bólu z bratnimi narodami ludowej Czechosłowacji z powodu zgonu prezydenta Klementa Gottwalda, wiernego ucznia Lenina i Stalina, niezłomnego bojownika o prawa ludu, płomiennego wodza mas pracujących, człowieka, w którego rękach spoczywało kierownictwo budową socjalizmu na ziemiach czechosłowackich.

Uczucia, nurtujące w tym momencie w sercach Polaków, dokładnie wyraził Prezes Rady Ministrów PRL Bolesław Bierut w takich słowach:

Niewypowiedziane wielkie nieszczęście ugodziło w bratnie narody Czechosłowacji, które Klement Gottwald wiódł niezłomnie przez dziesiątki lat walki ciężkiej i trudnej — jako bezgranicznie wierny sprawie ich wolności, jako nieugięty ich Przywódca w walkach o wyzwolenie narodowe i społeczne, jako Wielki Budowniczy ich nowego państwa, opartego na trwałych, spiszowych podstawach demokracji ludowej i nierozwzrostu braterskiego sojuszu z narodami, które wyzwoliły się z jarzma kapitalizmu.

Klement Gottwald, niezłomny rewolucjonista i najofiarniejszy patriota swego narodu, zahartowany od lat młodzieńczych w walkach klasowych i utalentowany przywódca Komunistycznej Partii Czechosłowacji, wybitny działacz międzynarodowego ruchu robotniczego — był przez całe swe życie nieugiętym bojownikiem wielkiej idei socjalizmu.

Jakże zmieniło się współzycie i wzajemne stosunki między narodami Czechosłowacji i Polski od chwili, gdy nie rządzi już tymi krajami kapitaliści i obszarnicy.

Naród polski nigdy nie zapomni wielkich zasług i wysiłków towarzysza Klementa Gottwalda w dziele zbliżenia naszych bratnich narodów, w dziele pogłębiania ich przyjaźni, współpracy i pomocy wzajemnej. Dzięki tym wysiłkom narody Czechosłowacji i Polski kroczą dziś wspólną i niezawodną drogą braterskiego współdziałania w pomnażaniu sił wytwórczych, w podnoszeniu na coraz wyższy poziom zdobyczy gospodarczych i kulturalnych, w umacnianiu państwa jako niezłomnej podstawy obronności każdego kraju przed wszelkimi zakusami imperialistycznych podżegaczy wojennych. Jesteśmy dziś nawzajem jak najżywotniej zainteresowani w jak największym rozszerzaniu i pogłębianiu tego współdziałania i naszej przyjaźni, która łączy nas wspólnie z narodami Związku Radzieckiego i innymi krajami, wyzwolonymi z pęt kapitalizmu — w jeden potężny i niepokonany obóz pokoju, demokracji i socjalizmu.

Przy bezpośrednim współudziale towarzysza Gottwalda, dzięki Jego aktywnej inicjatywie, pod Jego mądrym kierownictwem rozwinęły się już od chwili wyzwolenia nowe stosunki wzajemne między naszymi narodami, których korzyści i znaczenie dla obu naszych krajów stają się z każdym rokiem coraz bardziej cenne i trwałe. Naszym zadaniem jest i będzie dalsze nieustanne pogłębianie tych

braterskich stosunków jako wspólnego i niewyczerpanego źródła wzrostu naszych sił, jako czynnika utrwalającego i przyspieszającego budownictwo socjalistyczne w naszych krajach.

Podstawą naszych stosunków sąsiedzkich jest Układ o Przyjaźni i Wzajemnej Pomocy między Czechosłowacją a Polską zawarty w dniu 10 marca 1947 r., a podpisany osobiście przez towarzysza Gottwalda. Olbrzymie znaczenie dla obu krajów ma rozwijająca się wciąż wymiana handlowa oraz współpraca naukowo-techniczna, wzajemna pomoc i współpraca gospodarcza w wielu najróżnorodniejszych dziedzinach. Naszym wspólnym zadaniem jest jak najbardziej wszechstronne rozwijanie i pogłębianie tych stosunków, kierując się wskazaniami Wielkiego Stalina — twórcy braterskiej przyjaźni między wolnymi narodami.

W dniu podpisania układu o przyjaźni i współpracy w 1947 r. towarzysz Gottwald powiedział:

„Wierzę, że sojusz nasz w przyszłości będzie się stale wzmacniać i pogłębiać, że szybko będą się rozwijać nasze stosunki gospodarcze i kulturalne oraz że między narodami naszymi nastąpi zbliżenie większe niż kiedykolwiek dotąd w historii“.

Nową historię i nowe stosunki tworzą dziś nasze narody, które stały się nowymi narodami — narodami zjednoczonymi wewnątrz, jak nigdy przedtem, narodami, których zdobycze gospodarcze i kulturalne rosną i rosną będą nieprzerwanie, narodami, których żadna wroga siła nie jest w stanie zepchnąć z drogi budownictwa socjalistycznego. Po drodze tej, wytkniętej przez wielkie idee i wskazania Józefa Stalina, prowadził niezłomnie, wytrwale i zdecydowanie narody Czechosłowacji Klement Gottwald. Pamięć o Jego świetlanej i drogiej nam wszystkim postaci będzie nam towarzyszyć w dalszej naszej pracy i walce o urzeczywistnienie, o całkowite zwycięstwo nieśmiertelnego dzieła Wielkiego Wodza i Nauczyciela wszystkich narodów, Józefa Stalina.

Jeszcze mocniej zewrzymy nasze szeregi, jeszcze ofiarniej, aktywniej walczyć będziemy o umacnianie naszych sił, naszych państw, naszych kierownictw, naszych partii, a wraz z tym naszej przyjaźni, ufności i pomocy wzajemnej i braterskiego współdziałania wolnych narodów, budujących nowe życie.

Narody nasze miłują pokój i nienawidzą wojny. Narody nasze wszystkie swe siły skupiają na budownictwie ustroju społecznego, całkowicie wolnego od wszelkiego wyzysku i ucisku człowieka przez człowieka. Budujemy nasze nowe życie społeczne w oparciu o pomoc wzajemną i przyjaźń między narodami, które łączy wspólna idea — idea braterstwa ludów, budujących socjalizm i komunizm.

Dobro narodu, nieustanny wzrost jego sił, jego dobrobytu i kultury, obrona jego wolności i niepodległości, obrona pokoju — oto jest nasze prawo najwyższe.

MGR INŻ. JANUSZ LUTYŃSKI

Odpylanie spalin przy użyciu elektrofiltrów

662.613.134:662.61:66.089.4

Treść. Oczyszczanie spalin jest koniecznością w nowoczesnych siłowniach ze względu na duże ilości unoszonego popiołu lotnego. Ogólna zasada wytrącania cząstek ze strumienia gazów. Podział filtrów na grupy w zależności od rodzaju wykorzystanej siły. Fizyczne podstawy elektrycznego odpylania gazów. Opis zjawisk w elektrofiltrach i ich wpływ na sprawność. Dobór wielkości komory filtru do odpylania spalin. Zakres stosowania, charakterystyka i koszt elektrofiltrów energetycznych. Zastosowanie elektrofiltrów poza energetyką.

Очистка продуктов сгорания при помощи электрофильтров. В современных силовых установках очистка продуктов сгорания является необходимостью ввиду громадного содержания в них летучей золы. Общий принцип выделения пыльных частиц из струи газа. Подразделение электрофильтров по роду осаждающей силы. Физические основы электрического выделения пыли. Явления связанные с процессом и их влияние на коэффициент полезного действия. Подбор размеров камеры электрофильтра. Область применения, характеристика и стоимость электрофильтров для нужд энергетики. Применение их в других областях.

Dust removal from combustion products by means of electric precipitators. The removal of dust from combustion products in modern power plants is a necessity, since the quantities of volatile matter carried with the smoke are considerable. General principles of precipitating small particles from combustion products. Subdivision of precipitators into groups according to the kind of power used. Physical principles of electric dust removal from combustion products. Description of phenomena occurring in precipitators and their influence on performance. Selecting dimensions for precipitators. Range of application, characteristics and cost of precipitators for power engineering. The use of electric precipitators in industries other than power engineering.

1. Wstęp.

Szybko rozwijający się przemysł stawia przed konstruktorami — oprócz zadań bezpośrednio dotyczących procesu produkcyjnego — również zadania uboczne, które jednak w znacznym stopniu wpływają na trwałość urządzeń lub utrzymywanie odpowiednich warunków pracy.

Jednym z takich zadań jest oczyszczanie spalin lub gazów przemysłowych z unoszonego w nich popiołu, niespalonych części węgla lub szkodliwych dla otoczenia zanieczyszczeń.

Rozwiązanie tego zagadnienia stało się sprawą palącą szczególnie dla dużych skupisk ludzkich w okręgach przemysłowych. O wadze problemu daje pojęcie następujący przykład: gdyby nie oczyszczano gazów spalinowych w Moskwie, to w ciągu jednego roku spadłoby na to miasto ok. 1 300 000 ton popiołu, pochodzącego z jego elektrowni i zakładów przemysłowych.

Unoszone ilości popiołu lotnego, jak również jego własności fizyczne i chemiczne, zależne są od wielu czynników: od rodzaju spalonego węgla, typu paleniska, sposo-

łów pyłowych niż te, które są dobre dla palenisk rusztowych.

2. Zasady wytrącania cząstek.

Do zrozumienia działania i budowy urządzeń służących do odpylania gazów potrzebna jest znajomość ogólnych praw fizycznych rządzących tym zjawiskiem.

Aby wytrącić ze strumienia gazu poruszającą się wraz z nim cząstkę, trzeba bądź poddać ją działaniu pewnej siły, którą można doprowadzić z zewnątrz, bądź wykorzystać energię samego gazu.

Sprawność działania dowolnego układu do oddzielania cząstek określa się stosunkiem

$$L_{cz} : L_u,$$

gdzie $L_{cz} = F_{cz} \cdot x$ — praca użyteczna wykonana na cząstce wskutek działania siły F_{cz} na drodze x ,

L_u — praca całkowita włożona w urządzenie.

Siły działające na cząstki (F_{cz}) są — w zależności od typu filtru — wykorzystane jako: 1) siły wstrzymujące, 2) siły bezwładności, 3) siły przyspieszające.

Na wykorzystaniu siły wstrzymującej oparte jest działanie filtrów siłowych. Zapyłony gaz przepuszczany jest przez warstwę materiału porowatego zatrzymującego cząstki pyłu.

Poruszająca się cząstka może być wytrącona ze strumienia gazu pod wpływem nagłej zmiany jej momentu bezwładności. Spowoduje to zmianę wielkości przyspieszenia cząstki w stosunku do strumienia gazu i wytrącenie jej.

Siły przyspieszające mogą być różnego pochodzenia w zależności od typu filtru. Najprostszą postacią filtru tej grupy są osadniki, gdzie wyzyskuje się siłę ciężkości cząstek. Siłę tej przeciwstawia się ciąg strumienia gazów oraz jego lepkość.

Filtry cyklonowe zmieniają część energii ciśnienia gazu na wytworzenie wiru strumienia, nadającego przyspieszenie odśrodkowe cząstkom pyłu. Przyspieszeniu temu przeciwstawia się jedynie ciąg strumienia gazu. Wynik pracy filtru jest zależny dla danej prędkości wlotowej od wielkości przyspieszenia odśrodkowego, a więc od promienia cyklonu. Ustawienie większej liczby małych elementów daje urządzenie o wyższej sprawności („multicyklony“).

Podniesienie sprawności oddzielania cząstek małych można osiągnąć przez zwiększenie prędkości gazu. Powoduje to jednak znaczny wzrost oporu hydraulicznego, wskutek czego istnieje granica ekonomiczna stosowania urządzeń cyklonowych.

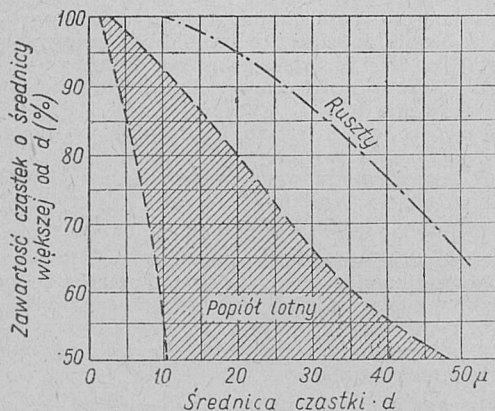
Cyklony znalazły zastosowanie w energetyce do odpylania gazów pochodzących z kotłów rusztowych. Do współpracy z kotłami pyłowymi cyklonów nie używa się, gdyż ze względu na bardzo drobny pył sprawności osiągnięte nie przekraczają 70%.

Do grupy tej należą również opisane niżej elektrofiltry. Działanie filtrów mokrych polega na tym, że cząstki pyłu, stykając się z kroplami wody lub zwilżonymi powierzchniami, ulegają również zwilżeniu i wypadają ze strumienia gazu. Zużycie mocy na przepompowywanie i obieg dużych ilości wody rośnie nieproporcjonalnie do skutku oczyszczenia i ogranicza zakres stosowania filtrów mokrych.

Tablica I. Ilość unoszonego popiołu dla różnych palenisk

Rodzaj paleniska	Ilość unoszonego popiołu (%)
Kotły na pył węglowy z komorą granulacyjną	75 do 85
„ „ „ „ i płynny żużel	40 do 50
„ z paleniskiem rusztowym	15 do 35

bu spalania i warunków przygotowania węgla. Tabl. I podaje procentowe ilości unoszonego popiołu dla różnych typów palenisk kotłowych. Dla oceny tych cyfr wystar-



Rys. 1. Krzywe ziarnistości pyłu z palenisk rusztowych i pyłowych

czy podać, że nowoczesna elektrownia o mocy 50 MW wyrzuca ze spalinami w ciągu doby około 250 t popiołu lotnego.

Rys. 1 podaje krzywe ziarnistości popiołu z palenisk pyłowych i rusztowych. Różnica w ziarnistości spowodowała stosowanie innych metod oczyszczania spalin z ko-

3. Elektrofiltry.

Wpływ pola elektrycznego na ruchy cząstek pyłu w gazie znany był już w początkach ubiegłego stulecia. Pierwsze próby przemysłowego wyzyskania tego zjawiska przeprowadzone były w latach 1890—1900 przez Lodge'a, lecz nie zaliczono ich do udanych. Dopiero w roku 1905 opracowano pierwszą przemysłową konstrukcję elektrofiltru, która w głównych zarysach nie uległa zmianom do dzisiaj.

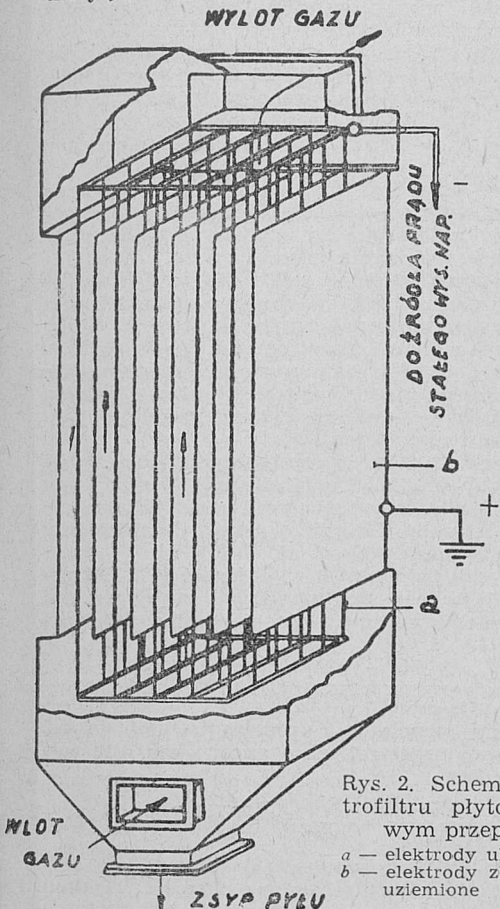
Zasada działania elektrofiltru oparta jest na wpływie, który jednokierunkowe pole elektryczne wywiera na swo-

Wielkości te, dla $d = 15,6$ cm, $r = 0,1$ cm, $H = 12,2$ cm i $\delta = 1,0$, będą:

$$K_0 = 61,2 \text{ kV/cm}, \quad U_0 = 34,6 \text{ kV},$$

a więc warunkiem działania elektrofiltru o podanych wyżej wymiarach jest doprowadzenie do elektrod napięcia $U > 34,6$ kV.

Obliczenie powyższe odpowiada przypadkowi ulotu ujemnego. Stosowanie w elektrofiltrach właśnie ujemnego ulotu spowodowane jest większą ruchliwością jonów²⁾



Rys. 2. Schemat komory elektrofiltru płytowego o pionowym przepływie gazów
a — elektrody ulotowe (ujemne)
b — elektrody zbiorcze (dodatnie) uziemione

bodne ładunki elektryczne. Na rys. 2 pokazany jest układ podstawowy elektrofiltru.

Głównymi elementami komór filtru są elektrody ulotowe, wykonane zwykle z drutu o średnicy od 0,5 do 2 mm, oraz elektrody zbiorcze sporządzone z blachy, siatek itp.

Wokół elektrod ulotowych przyłączonych do źródła wysokiego napięcia, po przekroczeniu jego wartości krytycznej dla danej krzywizny i układu elektrod, następuje częściowe przebicie gazu — ulot — wskutek silnej nierównomierności pola elektrycznego w przestrzeni międzyelektrodowej.

Dla płaskiego układu¹⁾ elektrod filtru (rys. 3) jonizacja zderzeniowa następuje przy napięciu początkowym

$$(1) \quad U_0 = K_0 \cdot r \left[\frac{\pi \cdot H}{d} - \ln \frac{2\pi \cdot r}{d} \right] \text{ kV},$$

gdzie

$$(2) \quad K_0 = 31 \cdot \delta \left[1 + \frac{0,308}{\sqrt{\delta \cdot r}} \right] \text{ kV/cm}$$

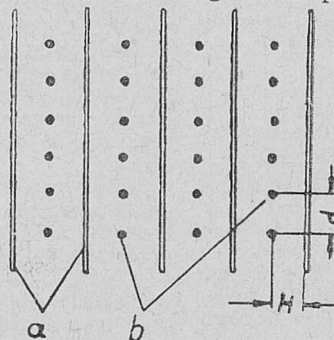
jest krytycznym natężeniem pola elektrycznego dla ulotu ujemnego, przy czym

r — promień krzywizny przewodu (cm),
 H — odległość osi przewodu od elektrody zbiorczej (cm),

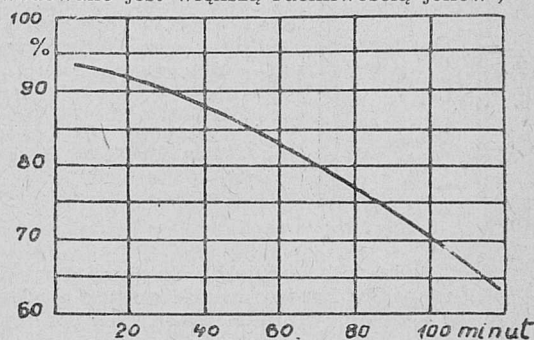
d — odstęp między przewodami ulotowymi (cm),

$\delta = \frac{3,92 \cdot b}{273 + t}$ współczynnik, uwzględniający wpływ ciśnienia b (cm Hg) i temperatury t (°C) na gęstość powietrza.

¹⁾ Jedną elektrodę tworzy płaska blacha; drugą równoległą do poprzedniej stanowi szereg przewodów o małym promieniu.



Rys. 3. Układ płaski elektrod w elektrofiltrze
a — elektrody zbiorcze
b — elektrody ulotowe



Rys. 4. Sprawność elektrofiltru w zależności od czasu po strzepaniu elektrod

ujemnych w stosunku do jonów dodatnich; w powietrzu na przykład ruchliwości te wynoszą:

$$k_{(-)} = 2,10 \frac{\text{cm}^2}{\text{s} \cdot \text{V}} = 630 \text{ jedn. el.-stat.},$$

$$k_{(+)} = 1,32 \frac{\text{cm}^2}{\text{s} \cdot \text{V}} = 396 \text{ jedn. el.-stat.}$$

Szybkie jony ujemne łatwiej osiągają cząstki, dając w wyniku sprawność odpylenia o około 20% wyższą.

Poza warstwą ulotową jonizacja zderzeniowa nie występuje. Brak tam również wolnych elektronów, a prąd wytwarza się ruchem jonów dodatnich i ujemnych pod wpływem sił pola na nie działających. Jony na swej drodze do elektrody zbiorczej osiadają na napotkanych cząstkach, jeśli suma sił przyciągających jon do cząstki będzie większa od sił odpychających go. Ładowanie cząstki przerywa się, gdy pole wytworzone ładunkami skupionymi na cząstce osiągnie wartość równą wartości pola zewnętrznego K .

Wielkość tego największego ładunku określa się dla cząstek, dla których stała dielektryczna $\epsilon > 1$, z równania

$$Q_{\max} = \left(1 + 2 \frac{\epsilon - 1}{\epsilon + 2} \right) \cdot K \cdot r^2 \quad (\text{jedn. el.-stat.}),$$

gdzie ϵ — stała dielektryczna materiału cząstki,

K — natężenie pola elektrycznego (jedn. el.-stat.),

r — promień cząstki (cm).

Równanie powyższe ważne jest tylko dla $r > 10^{-4}$ cm. Dla cząstek mniejszych ładunek proporcjonalny jest w pierwszym stopniu do średnicy i zależny jest tylko od ruchu cieplnego i gęstości jonów.

Na naładowaną cząstkę, poruszającą się wraz z gazem w komorze filtru, obok siły, wywołanej ciągiem strumienia gazu, oraz siły ciężkości, działają siły pochodzenia elektrycznego. Siła określona polaryzacją cząstki skierowana jest w stronę pola o większej wartości natężenia tj. ku przewodom ulotowym. Powoduje ona obrastanie tego przewodu pyłem.

Siłą podstawową, działającą na cząstkę w polu elektrycznym, jest siła, którą pole wywiera na ładunek skupiony na cząstce:

$$(4) \quad F = Q \cdot K \quad (\text{dyn}).$$

Prędkość ruchu cząstki w określonych granicach ziarnistości można obliczyć na podstawie prawa Stokes'a z równania

$$(5) \quad v = \frac{Q \cdot K}{6\pi \cdot \mu \cdot r} \quad (\text{cm/s}),$$

²⁾ Ruchliwością jonów nazywamy prędkość, którą jon osiąga w polu elektrycznym przy natężeniu pola równym 1 V/cm.

gdzie μ — współczynnik lepkości dynamicznej gazu (poise),

r — promień cząstki (cm),

Q — ładunek cząstki (jedn. el.-stat.³⁾),

K — natężenie pola (jedn. el.-stat.⁴).

W zewnętrznej części warstwy ulotowej prędkość ta, skierowana ku elektrodzie osadowej jest zgodna z pomiarami



rami tylko dla cząstek o średnicy 10^{-4} do $6 \cdot 10^{-3}$ cm. W przypadku bardzo dużych cząstek prędkości tak obliczone wypadają za duże, dla cząstek poniżej 10^{-4} — zbyt małe.

Wiatr elektryczny, powstający wskutek impulsów otrzymywanych przez cząstki powietrza od poruszających się w jedną stronę jonów, doprowadza do wyrównywania koncentracji pyłu i jonów. Przy intensywnym przepływie jonów prędkość wiatru elektrycznego może osiągnąć do kilkudziesięciu centymetrów na sekundę.

Przy przepływie czystego gazu przez elektrofiltr prąd przenoszą szybkie jony gazowe. Po wprowadzeniu do strumienia gazu pyłu część jonów osiada na jego cząstkach, a ponieważ masa cząstek pyłu jest znacznie większa od masy cząstek gazu, prędkości przesuwania się będą odpowiednio mniejsze.

Ponieważ ładunek przestrzenny jest wielkością stałą ($Q = Q_{\text{pyłu}} + Q_{\text{gazu}} = \text{const.}$), więc po wprowadzeniu pyłu ładunek gazu zmniejszy się o tyle, o ile zwiększy się ładunek pyłu. Powoduje to, oczywiście, zmniejszenie natężenia przepływu prądu. Zjawisko takie, zwane „zamykaniem ulotu”, charakteryzuje się spadkiem natężenia prądu w wypadkach dużych koncentracji pyłu.

Przeciwdziałać temu można drogą zwiększenia różnicy potencjałów doprowadzonej do elektrod. Podobna konieczność zachodzi przy oblepieniu elektrody ulotowej warstwą pyłu, które powoduje zwiększanie się średnicy elektrody, a zatem i napięcia krytycznego, jak wynika ze wzoru (1).

Po zetknięciu się z uziemioną elektrodą zbiorczą naładowana cząstka zacznie wyładowywać się przez pewien opór R . Opór ten określa się sumą oporności właściwej i oporności styku między cząstką a elektrodą. Gdyby nie uwzględnić równocześnie odbywającego się ładowania cząstek jonami gazowymi, przychodzącymi do elektrody zbiorczej, wyładowanie takie przebiegałoby podobnie do wyładowania kondensatora o pojemności C (C — pojemność między cząstką a płytą). W rzeczywistości jednak równocześnie z rozładowaniem występuje ładowanie; można to przedstawić równaniem

$$dQ = Idt + dq,$$

gdzie I — prąd wyładowczy, dq — ładunek, który przynoszą jony gazowe, dQ — zmiana wielkości ładunku cząstki.

Jeśli $dQ < 0$, to cząstka wyładowuje się i wskutek działania siły ciężkości lub przez otrząsanie opada do zbiornika pyłu w dolnej części filtru.

Dla $dQ > 0$ przychodzące do elektrody zbiorczej cząstki zatrzymują się na niej, tworząc gęstą warstwę pyłu. W przestrzeni między cząstkami warstwy — wskutek znacznej różnicy stałych dielektrycznych powietrza i pyłu — następuje zagęszczenie linii sił do tego stopnia, że gaz znajdujący się tam ulega przebiciu.

Zjawisko takie, zwane „ulotem wstecznym” (wyładowanie przeciwnej biegunowości w stosunku do biegunowości elektrody ulotowej) i będące źródłem jonów dodatnich, obserwowane jest często w wypadku pyłu o dużej oporności właściwej ($> 2 \cdot 10^{10} \Omega \cdot \text{cm}$). Następuje przy tym znaczne pogorszenie stopnia odpylenia.

Dla przeciwdziałania obu wyżej opisanym zjawiskom elektrofiltry energetyczne (ogólnie wszystkie elektrofiltry pracujące na suchy gaz) mają urządzenia do otrząsania nagromadzonego pyłu.

Z przedstawionej na rys. 4 zależności stopnia oczyszczania gazu od czasu, który upłynął po otrząśnięciu elektrod, widać, że — dla utrzymania dobrego działania urządzenia — elektrody winny być czyszczone dość często. Przy projektowaniu okres ten dobiera się w zależności od gatunku i ilości pyłu; dla filtrów energetycznych z ciągłym strzepywaniem wynosi on dla elektrod zbiorczych 60 sek., dla elektrod ulotowych 25 sek.

Na cząstkę pyłu znajdującą się w elektrofiltrze działają dwie siły prostopadłe (siłę ciężkości pomijamy). Pierwsza jest pochodzenia elektrycznego, druga — to ciąg strumienia gazu. Wypadkowa tych dwóch sił powoduje przesunięcie cząstek w przestrzeni między elektrodami (rys. 5).

Jeżeli prędkość gazu jest zbyt duża, to cząstka może opuścić przestrzeń wpływu pola elektrycznego, zanim dotrze do elektrody zbiorczej. Oznacza to, oczywiście, że pozostanie nadal w strumieniu gazu.

Prędkość przepływu gazu w elektrofiltrze dobiera się w zależności od ziarnistości, własności fizycznych pyłu oraz typu komory w granicach od 0,4 do 3,0 m/s. Górny przedział stanowi tu obawa przekroczenia prędkości krytycznej porywania cząstek (dla popiołu lotnego wynosi ona 2,5 m/s). Dolną granicę tworzą ekonomiczne korzyści wzrostu sprawności, w stosunku do powiększenia objętości, a zatem kosztu urządzenia.

Wymiary elektrofiltrów energetycznych dobiera się w ten sposób, żeby prędkość wynosiła od 1,5 do 2,2 m/s przy czasie przebywania gazu w polu elektrycznym nie mniejszym niż 3 sekundy. Długość elektrod obliczona przy tych założeniach wynosi około 6 m.

Tak np. dla kotła pyłowego o wydajności 105/130 t pary na godzinę, dla ilości spalin 250 000 m³/h, przekrój użyteczny pola elektrycznego przy założeniu prędkości 2,2 m/s będzie:

$$F_u = \frac{250\,000}{3600 \cdot 2,2} = 31,7 \text{ m}^2.$$

Po uwzględnieniu zapełnienia przekroju elektrodami, które dla filtrów energetycznych wynosi około 0,2, pole przekroju równe jest

$$F = \frac{F_u}{(1 - 0,2)} = \frac{31,7}{0,8} = 39,7 \text{ m}^2,$$

co odpowiada powierzchni kwadratu o boku 6,3 m.

Cieźar takiego elektrofiltru przy długości elektrod równej 7 m i pionowym przepływie spalin wynosi 102 t. Całkowita wysokość urządzenia 19 m.

Elektrofiltry obliczone na podstawie wyżej podanych wytycznych osiągają, przy zachowaniu warunków ekonomiczności, stopień odpylenia rzędu 95%.

Stopniem odpylenia lub sprawnością odpylacza nazywamy stosunek ciężarowy ilości pyłu wyłapanego do ilości pyłu, zawartego w gazie na wlocie.

Według Deutscha dla elektrofiltru płytowego sprawność można określić równaniem

$$\eta = 1 - e^{-\frac{v \cdot L}{H \cdot w}}$$

gdzie v — prędkość ruchu cząstek w kierunku elektrody osadowej (cm/s),

L — długość elektrody osadowej w kierunku przepływu gazu (cm),

H — odległość osi przewodów ulotowych od elektrod zbiorczych (cm),

w — prędkość przepływu gazów (cm/s).

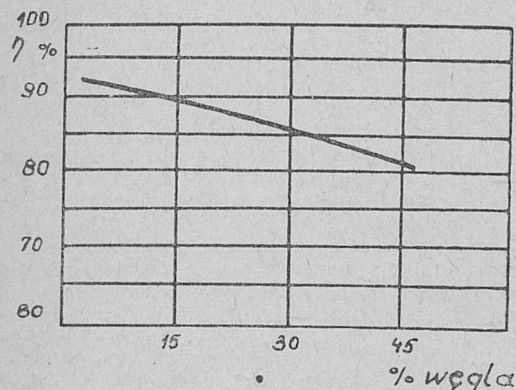
Analiza pyłu pobranego z gazów za elektrofiltrem wskazuje na znaczne wzbogacenie go częściami niespalonego węgla, a więc stopień odpylenia dla cząstek węgla o dużej przewodności elektrycznej jest niższy niż dla złego przewodnika, jakim jest popiół. Zjawisko to na pozór zaprzeczałoby całej teorii mechanizmu działania elektrofiltru, jednak po bliższym zbadaniu jest zupełnie z nią zgodne. Oto naładowane cząstki, mające małą oporność a dużą stałą dielektryczną, oddają swój ładunek niemal momentalnie, po czym wskutek jednoczesnej biegunowości z elektrodą zbiorczą odbijają się od niej i dostają się ponownie w strumień gazu. Tam znowu ulegają naładowaniu i zjawisko powtarza się pomy, póki strumień

³⁾ 1 C = $3 \cdot 10^9$ jedn. el.-stat.

⁴⁾ 1 jedn. el.-stat. natężenia pola = 0,3 kV/cm.

gazu nie wyniesie cząstki z komory filtru. Rys. 6 przedstawia wpływ ilości niespalonych części w popiele lotnym na sprawność elektrofiltru.

Wysoka sprawność dla bardzo drobnych cząstek była przyczyną powszechnego stosowania elektrofiltrów dla



Rys. 6. Sprawność elektrofiltru w zależności od procentowej zawartości węgla w popiele lotnym

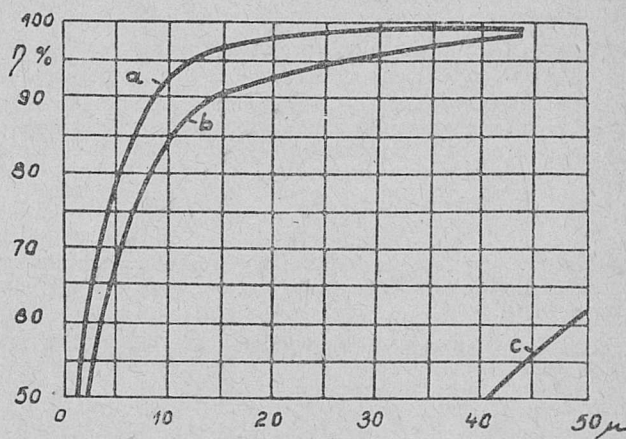
oczyszczania spalin, pochodzących z kotłów pyłowych. Szeroki zakres ziarnistości tego pyłu powoduje jednak, że w wypadku wielkich jednostek (od 200 t/h) sprawności te są jeszcze nie wystarczające. Z drugiej strony okazało się, że głównie duże cząstki (10^{-2} cm) stanowiły większą część niewytrąconego pyłu (rys. 7).

Badając bliżej to zagadnienie dochodzi się do wniosku, że najkorzystniejszym rozwiązaniem jest stosowanie cyklonu i elektrofiltru, włączonych szeregowo. Większa część pyłu (ok. 70%) — szczególnie grubego — jest wytrącana w multycyklonie, reszta w poziomym lub pionowym elektrofiltrze. Sprawność układu sięga 98% i wyżej. Urządzenia takie zwane „odpylaczami kombinowanymi” dały w zastosowaniu do wielkich kotłów pyłowych w ZSRR i USA bardzo dobre wyniki.

Elektrofiltry odznaczają się — obok dużej sprawności — również innymi zaletami ruchowymi. Jedną z nich jest nieznaczny opór hydrauliczny komory filtru, wynoszący od 4 do 10 mm H_2O .

Ogólne zapotrzebowanie mocy — na pokonanie oporów przepływu, na zasilanie, na strząsanie elektrod — jest małe w porównaniu z innymi typami odpylaczy: do oczyszczania 1000 Nm^3 gazu zużycie energii elektrycznej wyno-

si około 0,25 kWh; gęstość liniowa prądu wynosi 0,15 do 0,25 mA na 1 m przewodu ułotowego (dla filtrów energetycznych).



Rys. 7. Sprawność odpylaczy dla cząstek o różnej średnicy (d)

a — elektrofiltr
b — cyklon baterijny z elementami o promieniu 150 mm
c — prosty cyklon

Dalszymi zaletami elektrofiltrów są:

- 1) możliwość oczyszczania gazów — nasycanych parą wodną, zawierających kwasy, posiadających wysoką temperaturę,
- 2) możliwość wytrącania z gazów nie tylko stałych, lecz i ciekłych cząstek,
- 3) niskie koszty eksploatacji,
- 4) możliwość zastosowania pełnej automatyzacji procesu odpylania.

Dzięki tym zaletom elektrofiltry znalazły szerokie zastosowanie w przemyśle metalurgicznym, chemicznym, papieriennym, ceramicznym, energetycznym i wszędzie tam, gdzie proces produkcyjny związany jest z wytwarzaniem zapyłonych gazów.

LITERATURA

Z e b r o w s k i S. B. Elektrofiltry, Gosenergoizdat, 1950
W h i t e H. J., R o b e r t s L. M. Elektrostatic collection of fly ash (Mech. Eng., nr 11, 1950)
Combustion, nr 2, VIII, 1952, str. 47—49

DR INŻ. WŁADYSŁAW PEŁCZEWSKI

Zasada działania amplidyny

621.395.642.004.11

Treść. Definicja wzmacniacza elektromaszynowego. Określenia podstawowe. Zasada wzmacniania. Prądnicą obcowzbudną prądu stałego jako pierwowzór wzmacniacza. Opis wykonania i zasada działania amplidyny. Wielkości charakterystyczne (prąd w obwodzie szczotek zwartych, prąd oddawany do obwodu zewnętrznego, moc na zaciskach, straty w uzwojeniu twornika i prąd zastępczy, statyczny współczynnik wzmocnienia). Przebiegi przejściowe. Wzmianka o możliwościach zastosowania.

Принцип действия амплидина. Определение электромашинного усилителя. Основные понятия. Принцип усиления. Динамомашина постоянного тока с посторонним возбуждением, как прототип усилителя. Описание устройства амплидина и принцип его действия. Характерные величины (ток в цепи короткозамкнутых щеток, ток отпущаемый во внешнюю цепь, мощность на зажимах, потери в обмотке якоря и ток замещения, статический коэффициент усиления). Переходные явления. Заметка о возможностях применения.

Principles of amplidyne operation. Definition of dynamoelectric amplifiers. Basic definitions. Principles of amplification. The D. C. separately excited generator as the amplifier prototype. Constructional details of amplidyne, and principles on which they operate. Leading characteristics (current between short-circuited brushes, current given up to the external circuit, power at the terminals, losses in armature windings and equivalent current, static amplification factor). Transient courses. Notes on amplidyne adaptability.

1. Określenia podstawowe.

Amplidyna stanowi jedną z odmian tzw. wzmacniaczy elektromaszynowych. Ogólnie wzmacniaczem można nazwać urządzenie, mające za zadanie zwiększenie mocy, napięcia lub prądu przy zastosowaniu procesu, który nie wpływa w sposób istotny na charakter wielkości wzmacnianej. Na wyjściu wzmacniacza otrzymujemy moc, napięcie lub prąd znacznie większe niż na wejściu. Energię, odpowiadającą różnicy mocy na wyjściu i wejściu, trzeba doprowadzać z zewnątrz z dodatkowego źródła.

We współczesnej technice znamy różne typy wzmacniaczy. Poważną pozycję zajmują tu liczne odmiany wzmacniaczy, stanowiących układy lampowe. Ostatnio w szeregu przypadków znalazły zastosowanie wzmacniacze elektromaszynowe (amplidyna, rototrol, magnicon i in-

ne). Są one wszystkie maszynami elektrycznymi, skonstruowanymi pod kątem widzenia uzyskania wymaganych własności, dotyczących wzmacniania.

Podstawowymi wielkościami charakteryzującymi wzmacniacz są: współczynnik wzmocnienia oraz stała czasu.

Współczynnik wzmocnienia jest równy stosunkowi zmian wielkości wzmacnianej na wyjściu i wejściu wzmacniacza. Wchodzą tu w grę współczynniki wzmocnienia mocy, napięcia i prądu. Najczęściej mówi się o współczynniku wzmocnienia mocy, którym też będziemy operować w dalszej części tego artykułu.

Należy rozróżniać statyczny i dynamiczny współczynnik wzmocnienia mocy. Pierwszy jest równy stosunkowi zmian mocy na wyjściu i wejściu w warunkach ustalonych (tzn. odpowiada zmianom, które usta-

łą się po zakończeniu procesu przejściowego). Statyczny współczynnik wzmocnienia mocy wyraża się wzorem *):

$$(1) \quad \mu = \frac{\Delta P_{wy}}{\Delta P_{we}},$$

gdzie: ΔP_{wy} — zmiana mocy na wyjściu wzmacniacza,
 ΔP_{we} — zmiana mocy na wejściu wzmacniacza.

Dynamicznym współczynnikiem wzmocnienia mocy nazywać będziemy stosunek zmian mocy na wyjściu i wejściu w warunkach odpowiadających stanom przejściowym. Wyraża się on wzorem:

$$(2) \quad \mu_{dyn} = \frac{\partial P_{wy}}{\partial P_{we}}.$$

Spółczynnik ten jest funkcją czasu, funkcją parametrów układu oraz funkcją charakteru zmian mocy na wejściu wzmacniacza.

Stała czasu jest, jak wiadomo, dla dowolnego obwodu elektrycznego równa stosunkowi jego indukcyjności L do jego oporności czynnej R :

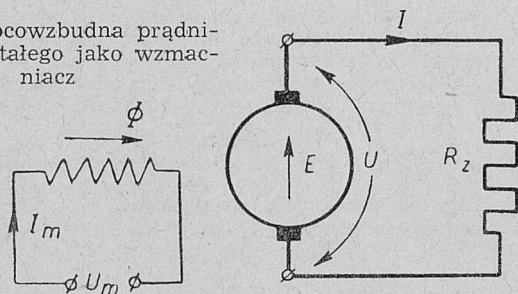
$$T = \frac{L}{R}.$$

Stała ta decyduje o prędkości przebiegu procesów przejściowych w danym obwodzie. We wzmacniaczach elektromaszynowych mamy kilka sprzężonych ze sobą obwodów, z których każdy posiada własną stałą czasu. Zwykle od wzmacniacza wymaga się dużej szybkości działania i dlatego istnieje dążenie do uzyskania możliwie małych stałych czasu dla poszczególnych jego obwodów.

2. Praca prądnicy obcowzbudnej prądu stałego w charakterze wzmacniacza.

Pierwowzorem wzmacniacza elektromaszynowego jest zwykła prądnica obcowzbudna prądu stałego (rys. 1). Przy zmianach napięcia U_m na zaciskach uzwojenia wzbudzającego zmienia się prąd wzbudzający I_m , a zatem i stru-

Rys. 1. Obcowzbudna prądnica prądu stałego jako wzmacniacz



mięń magnetyczny Φ . To z kolei pociągnie za sobą zmiany siły elektromotorycznej E , napięcia na zaciskach twornika U oraz prądu I płynącego w obwodzie zewnętrznym.

Moc w obwodzie wzbudzającym, który będziemy traktować jako obwód wejściowy wzmacniacza, wynosi

$$(3) \quad P_{we} = P_m = U_m \cdot I_m.$$

Moc w obwodzie zewnętrznym (na wyjściu wzmacniacza):

$$(4) \quad P_{wy} = P = U \cdot I.$$

Stosunkowo niewielkie zmiany mocy w obwodzie wzbudzającym powodują znaczne zmiany mocy w obwodzie zewnętrznym. Występuje tu zatem typowy przypadek wzmacniania (np. wzbudnica maszyny synchronicznej jest właściwie wzmacniaczem). Energię odpowiadającą różnicy mocy ($P - P_m$) oraz energię potrzebną na pokrycie strat w prądnicie dostarcza silnik napędowy.

Wyprowadźmy wzór na statyczny współczynnik wzmocnienia prądnicy obcowzbudnej. Niech w pewnej chwili przy prądzie wzbudzającym I'_m i napięciu U'_m prąd oddawany do obwodu zewnętrznego wynosi I' przy napięciu U' . Następnie niech przy stałych opornościach obwodu wzbudzającego R_m oraz obwodu zewnętrznego R_z ulegnie zmianie napięcie na zaciskach obwodu wzbudzającego do wartości U''_m . Spowoduje to zmiany pozostałych wielkości, które po zakończeniu procesu przejściowego osiągną nowe wartości ustalone równe I''_m , U'' oraz I'' .

Zmiana mocy na wejściu wzmacniacza wyniesie:

$$(5) \quad \Delta P_m = U''_m \cdot I''_m - U'_m \cdot I'_m = (I''_m^2 - I'^2_m) \cdot R_m.$$

Zmiana mocy na zaciskach twornika:

$$(6) \quad \Delta P = U'' \cdot I'' - U' \cdot I'.$$

Prądy płynące w obwodzie zewnętrznym:

$$I' = \frac{E' - 2\Delta U_p}{R_z + R_t}; \quad I'' = \frac{E'' - 2\Delta U_p}{R_z + R_t}.$$

Napięcia na zaciskach twornika:

$$U' = E' - I' \cdot R_t - 2\Delta U_p; \quad U'' = E'' - I'' \cdot R_t - 2\Delta U_p.$$

* Tu oznaczają:

E' i E'' — siły elektromotoryczne w uzwojeniu twornika przed zmianą i po zmianie napięcia wzbudzenia,

$2\Delta U_p$ — spadek napięcia między szczotkami i komutatorem.

W dalszych rozważaniach pominiemy ten spadek, albo też możemy przyjąć, że częściowo będzie on uwzględniony przez odpowiednie zwiększenie oporu twornika R_t .

Wtedy po prostych przekształceniach otrzymamy:

$$\Delta P = (E''^2 - E'^2) \cdot \frac{R_z}{(R_z + R_t)^2},$$

a zatem statyczny współczynnik wzmocnienia dla prądnicy obcowzbudnej wyniesie:

$$(7) \quad \mu_{p.o.} = \frac{\Delta P}{\Delta P_m} = \frac{(E''^2 - E'^2) \cdot R_z}{(I''_m^2 - I'^2_m) \cdot (R_z + R_t)^2 \cdot R_m}.$$

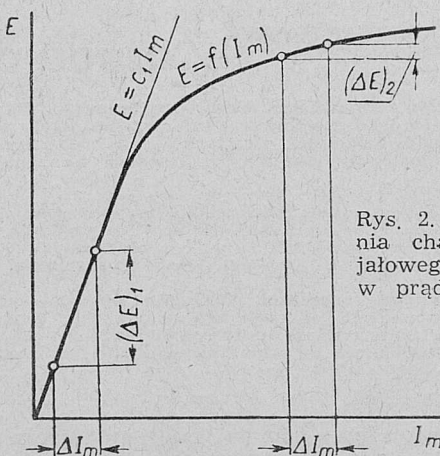
Widzimy, że zależy on od wartości oporności R_m , R_t , R_z oraz od charakteru zmian siły elektromotorycznej E w funkcji zmian prądu wzbudzającego I_m . Poza tym współczynnik wzmocnienia jest proporcjonalny do kwadratu obrotów, ponieważ

$$E = c \cdot \Phi \cdot n.$$

Wobec zakrzywienia charakterystyki biegu jałowego wskutek nasycenia (rys. 2) oraz ze względu na wpływ reakcji twornika zmiany siły elektromotorycznej E przy zmianach prądu I_m będą zależały od punktu pracy oraz wartości obciążenia.

Największe wzmocnienie uzyskamy na początkowej prostoliniowej, części charakterystyki. Na rys. 2 pokazano, że przy tej samej wartości ΔI_m zmiana siły elektromotorycznej $(\Delta E)_1$ na początkowej, prostoliniowej, części charakterystyki będzie znacznie większa niż $(\Delta E)_2$ w części nasyczonej.

W dążeniu do uzyskania możliwie dużego współczynnika wzmocnienia buduje się wzmacniacze elektromaszynowe tak, żeby w zakresie ich normalnych warunków pracy obwód magnetyczny był słabo nasycony. Wtedy można w przybliżeniu przyjąć, że zależność między siłą elektromotoryczną twornika a prądem wzbudzenia przebiega



Rys. 2. Wpływ zakrzywienia charakterystyki biegu jałowego na wzmocnienie w prądnicie obcowzbudnej

prostoliniowo:

$$(8) \quad E = c_1 \cdot I_m \cdot n.$$

i wzór (7) przybiera wtedy postać

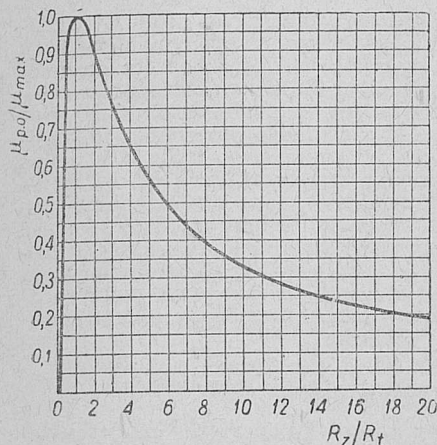
$$(9) \quad \mu_{p.o.} = \frac{c_1^2 \cdot n^2 \cdot R_z}{(R_z + R_t)^2 \cdot R_m}.$$

Łatwo można znaleźć maksimum $\mu_{p.o.}$ dla stałych R_t i R_m (przy ustalonej temperaturze) oraz zmiennym oporze obwodu zewnętrznego R_z . Największe wzmocnienie uzyskamy przy $R_z = R_t$. Wtedy

*) Przyjęto tu określenie współczynnika wzmocnienia według Popowa. Szereg autorów nazywa współczynnikiem wzmocnienia stosunek mocy na wyjściu i wejściu tzn. $\mu = P_{wy}/P_{we}$.

$$(10) \quad \mu_{\max} = \frac{c_1^2 \cdot n^2}{4R_t \cdot R_m}$$

Na rys. 3 podano wykres stosunku $\mu_{po}/\mu_{\max}$ w funkcji R_z/R_t . (Najczęściej prądnica obcowzbudna pracuje przy



Rys. 3. Zależność statycznego współczynnika wzmocnienia (w jednostkach względnych) prądnicy obcowzbudnej od stosunku oporności obwodu zewnętrznego do oporności uzwojenia twornika

R_z rzędu kilku do kilkunastu R_t i wtedy $\mu_{p.o.}$ jest rzędu $[0,5 \div 0,2] \mu_{\max}$.

Dla zorientowania się co do wartości współczynnika wzmocnienia napiszemy wzór (9) w innej postaci. Moc oddawana do obwodu zewnętrznego:

$$P = U \cdot I = (E - I \cdot R_t) \cdot I = \left(E - \frac{E \cdot R_t}{R_z + R_t} \right) \cdot \frac{E}{R_z + R_t} = \frac{E^2 \cdot R_z}{(R_z + R_t)^2}$$

Dla prostoliniowej części charakterystyki:

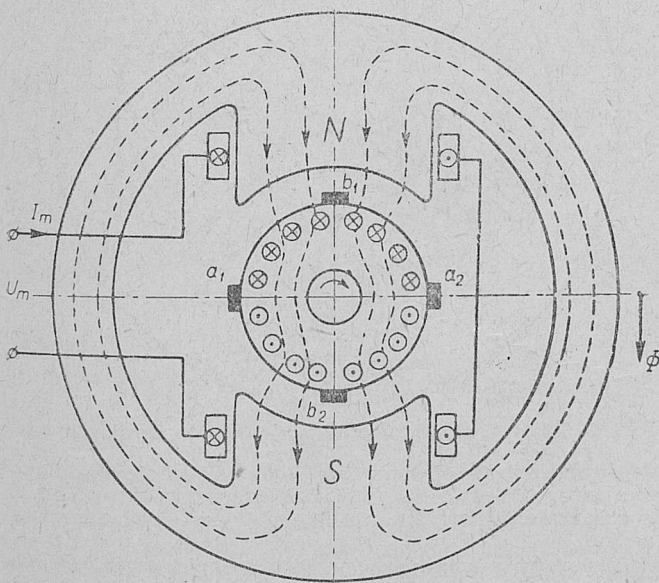
$$(11) \quad P = c_1^2 \cdot I_m^2 \cdot n^2 \cdot \frac{R_z}{(R_z + R_t)^2}$$

Stosunek:

$$(12) \quad \frac{P}{P_m} = \frac{c_1^2 \cdot I_m^2 \cdot n^2 \cdot \frac{R_z}{(R_z + R_t)^2}}{I_m^2 \cdot R_m} = \frac{c_1^2 \cdot n^2 \cdot R_z}{(R_z + R_t)^2 \cdot R_m}$$

Z porównania wzorów (12) i (9) mamy

$$(13) \quad \mu_{p.o.} = \frac{1}{P/P_m}$$



Rys. 5. Przebieg linii sił strumienia Φ oraz kierunki indukowanych prądów w prądnicy z podwójnym układem szczotek

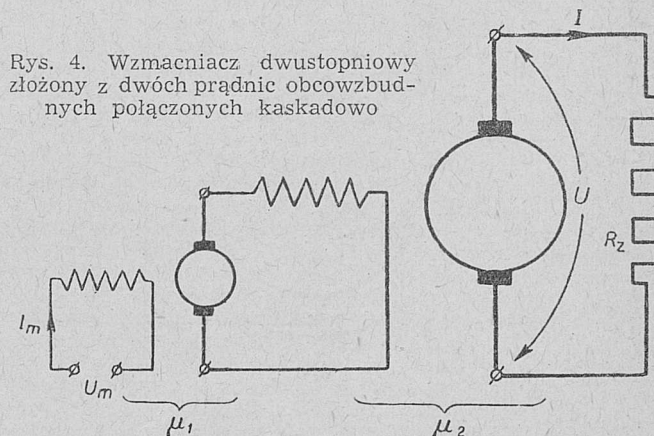
Należy podkreślić, że wzór ten dotyczy prostoliniowej części charakterystyki $E = f(I_m)$.

Ponieważ P_m w maszynach prądu stałego wynosi 0,5 do 5% mocy P , więc współczynnik wzmocnienia dla obcowzbudnej prądnicy pr. stał. wynosi $\mu_{p.o.} \approx 200 \div 20$.

Jest to wartość nieduża. W nowoczesnych układach ze wzmacniaczami wielokrotnie wymagane są znacznie większe wartości μ dochodzące do 10 000 i więcej.

Dalszą wadą prądnicy obcowzbudnej jako wzmacniacza jest stosunkowo duża stała czasu obwodu wzbudającego, ze względu na jego znaczną indukcyjność.

Nasuwa się myśl połączenia ze sobą kaskadowo dwu prądnic obcowzbudnych prądu stałego (rys. 4). Odpowiada to np. połączeniu wzbudnicy z podwzbudnicą w większych maszynach synchronicznych. Wtedy, jak można łat-



Rys. 4. Wzmacniacz dwustopniowy złożony z dwóch prądnic obcowzbudnych połączonych kaskadowo

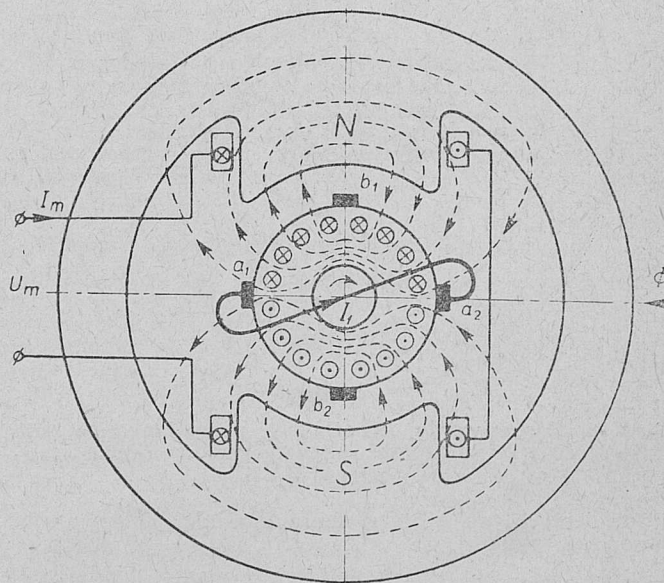
wo udowodnić, wypadkowy współczynnik wzmocnienia będzie iloczynem współczynników wzmocnienia poszczególnych maszyn:

$$(14) \quad \mu = \mu_1 \cdot \mu_2$$

Wadą takiego układu kaskadowego jest stosunkowo powolny przebieg procesów przejściowych, co jest spowodowane znacznymi stałymi czasu uzwojeń wzbudających obu prądnic.

3. Opis amplidyny.

Amplidyna jest, jak zobaczymy dalej, wzmacniaczem dwustopniowym. Stanowi ona zatem jakby połączenie w jednej maszynie kaskady z dwóch maszyn. Charakterystyczną cechą amplidyny jest podwójny układ szczotek, dzięki czemu wyzyskuje się w niej zjawisko poprzecznej reakcji twornika.



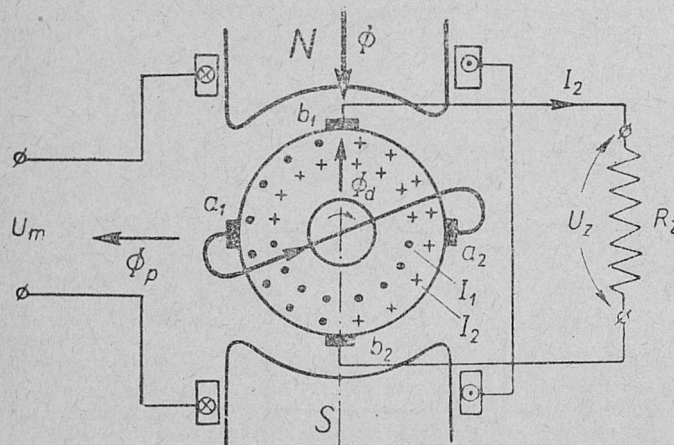
Rys. 6. Przebieg linii sił strumienia Φ_p po zwarceniu szczotek a_1-a_2 w prądnicy z rys. 5

Dla wyjaśnienia zasady działania amplidyny rozpatrzmy najpierw normalną, obcowzbudną, dwubiegunową prądnice prądu stałego, mającą dwa układy szczotek: a_1a_2 oraz b_1b_2 (rys. 5). Szczotki a_1a_2 są tak ustawione, że zwierają przy komutacji zezwoje przechodzące przez strefę geometrycznie obojętną. Oś szczotek b_1b_2 jest prostopadła do osi szczotek a_1a_2 .

Jeżeli przez uzwojenie wzbudające, zasilane z obcego źródła o napięciu U_m , płynie prąd I_m , wytwarza on wypadkowy przepływ magnetyczny równy

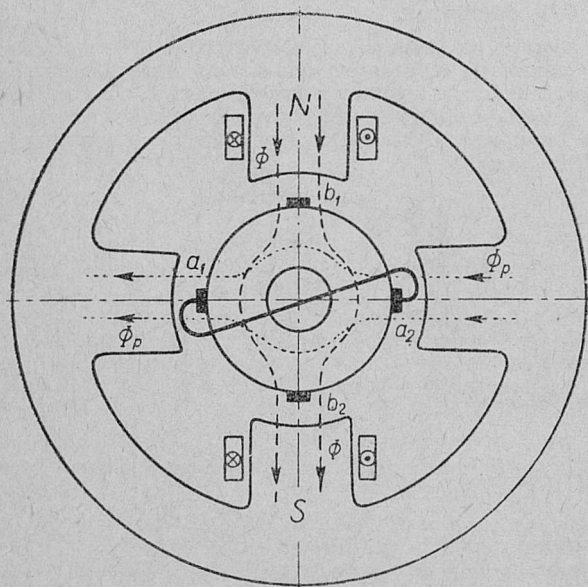
$$\Theta_m = I_m \cdot z_m,$$

gdzie z_m — liczba zwojów uzwojenia wzbudającego na parze biegunów. Przepływ Θ_m wytwarza z kolei strumień Φ_m , który płynie przez bieguny i jarzmo magnetyczny i rozgałęzia się na strumień czynny Φ , wpływający do



Rys. 7. Kierunki prądów I_1 i I_2 w uzwojeniu twornika prądnicy z podwójnym układem szczotek

twornika na przestrzeni jednej podziałki biegunowej, oraz na strumień rozproszenia. Gdy twornik będzie wirował z prędkością obrotową n obr./min. wtedy w poszczególnych przewodach uzwojenia twornika będą indukować się siły elektromotoryczne. Kierunki sił elektromotorycznych w przewodach pokazano schematycznie na rys. 5. Wypadkowa siła elektromotoryczna w poszczególnych gałęziach



Rys. 8. Zastosowanie dodatkowej pary biegunów dla zwiększenia przewodności magnetycznej na drodze strumienia Φ_p

równoległych, na które szczotki a_1a_2 dzielą uzwojenie twornika, wynosi:

$$(15) \quad E_1 = \frac{N}{a} \cdot \frac{p \cdot n}{60} \cdot \Phi \cdot 10^{-8} \text{ woltów,}$$

gdzie: N — liczba szeregowo połączonych przewodów uzwojenia twornika,

p — liczba par biegunów maszyny,

a — liczba par gałęzi równoległych w uzwojeniu twornika.

Natomiast w tych gałęziach uzwojenia twornika, na które podzieliła to uzwojenie szczotki b_1b_2 , wypadkowa siła elektromotoryczna będzie równa zero.

Połączymy teraz ze sobą szczotki a_1a_2 przy pomocy przewodu o bardzo małej, pomijalnej oporności. Przez przewód ten popłynie prąd:

$$(16) \quad I_1 = \frac{E_1 - 2\Delta U_p}{R_t}.$$

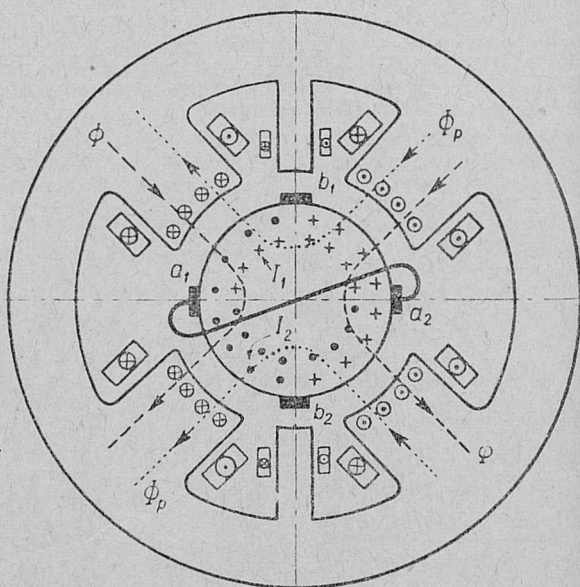
Na rys. 6 pokazano kierunek przepływu prądu I_1 (zgodnie z kierunkiem sił elektromotorycznych indukowanych w uzwojeniu przez strumień Φ). Teraz oprócz strumienia Φ wystąpi także strumień Φ_p , wytworzony przez przepływ twornika. Jak widzimy z przebiegu linii sił strumienia Φ_p (rys. 6), oś symetrii tego strumienia jest prostopadła do osi symetrii strumienia Φ . Dlatego strumień Φ_p nosi nazwę strumienia poprzecznego. (Na rys. 6 nie pokazano linii sił strumienia Φ , żeby nie zaciemniać rysunku). Superpozycja strumieni Φ oraz Φ_p daje strumień wypadkowy. W przewodach uzwojenia twornika, przecinających strumień Φ_p indukują się siły elektromotoryczne. Na rys. 7 podano ich kierunki (górna warstwa). Wypadkowa siła elektromotoryczna, która wystąpi teraz między szczotkami b_1b_2 , wyniesie

$$(17) \quad E_2 = \frac{N}{a} \cdot \frac{p \cdot n}{60} \cdot \Phi_p \cdot 10^{-8} \text{ woltów,}$$

gdzie Φ_p — całkowity strumień poprzeczny na przestrzeni jednej podziałki biegunowej. Gdybyśmy teraz do szczotek b_1b_2 przyłączyli obwód zewnętrzny o oporności R_z , wtedy w obwodzie tym popłynąłby prąd

$$(18) \quad I_2 = \frac{E_2 - 2\Delta U_p}{R_z + R_t}.$$

Widzimy, że opisana maszyna jest wzmacniaczem dwustopniowym. Na pierwszym stopniu otrzymujemy moc P_1 większą od mocy P_m w obwodzie uzwojenia wzbudającego. Na drugim stopniu otrzymujemy w obwodzie zewnętrznym przyłączonym do szczotek b_1b_2 , moc P_2 większą od mocy P_1 w obwodzie zwartych szczotek a_1a_2 . W wyniku tego podwójnego wzmocnienia uzyskujemy w obwodzie zewnętrznym moc P_2 znacznie większą niż moc P_m .



Rys. 9. Ideowy układ biegunów i uzwojeń w amplitdynie doprowadzoną do obwodu uzwojenia wzbudającego. Różnicę mocy ($P_2 - P_m$) oraz moc potrzebną na pokrycie strat w maszynie dostarcza silnik napędowy na drodze mechanicznej.

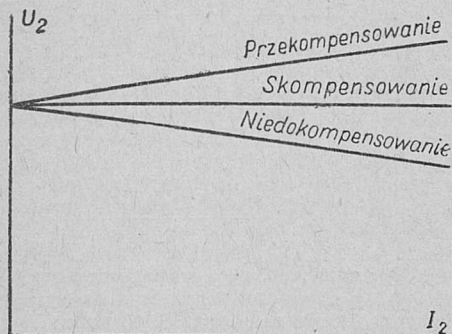
Pierwotnik amplitdyny przedstawiony na rys. 5, 6 i 7 nie mógłby skutecznie pracować ze względu na następujące niekorzystne zjawiska:

- 1) stosunkowo małe możliwości uzyskania odpowiedniego wzmocnienia ze względu na niewielką wartość strumienia poprzecznego;
- 2) wadliwa komutacja;
- 3) wpływ podłużnego oddziaływania twornika.

Omówimy kolejno powyższe zjawiska oraz sposoby przeciwdziałania im.

W normalnych maszynach prądu stałego strumień Φ_p będący wyrazem oddziaływania twornika, jest uważany

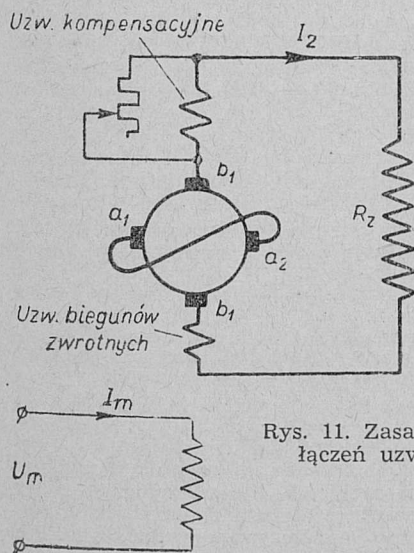
za szkodliwy. Dlatego w maszynach tych dąży się do tego, żeby miał on niedużą wartość. Natomiast w amplitynie strumień Φ_p jest strumieniem użytecznym, gdyż właśnie przez wykorzystanie go uzyskujemy w jednej maszynie dwa stopnie wzmocnienia.



Rys. 10. Wpływ stopnia skompensowania na przebiegi charakterystyk zewnętrznych amplityny

W maszynie z rys. 5, 6 i 7 strumień Φ_p napotyka znaczną oporność magnetyczną na swej drodze i dlatego przy określonym przepływie twornika osiąga stosunkowo nieduże wartości. Dla zmniejszenia tej oporności magnetycznej można dać dodatkową parę biegunów (rys. 8), co wydatnie wpływa na zwiększenie strumienia Φ_p , a zatem umożliwia uzyskanie większego wzmocnienia.

Komutacja w maszynie z rys. 5, 6, 7, a także z rys. 8, przebiegałaby wadliwie, zwłaszcza w zewzwojach zwieranych przez szczotki b_1b_2 , w okresie bowiem komutacji zezwoje te znajdowałyby się pod biegunami i siły elektromotoryczne reaktacji, opóźniające proces komutacji, osiągałyby znaczne wartości. To powodowałoby przepływ znacznych prądów dodatkowych w obwodzie zezwojów zwieranych, co z kolei byłoby przyczyną iskrzenia pod szczotkami. Poza tym na pogorszenie warunków komutacji wpływa nierównomierny rozkład prądu w uzwojeniu twornika, wypadkowy bowiem prąd w przewodach jest chwilową sumą prądów I_1 oraz I_2 , które, jak widać z



Rys. 11. Zasadniczy schemat połączeń uzwojeń amplityny

rys. 7, w jednych częściach uzwojenia płyną zgodnie, a w drugich przeciwnie. W zewzwojach, zwieranych przez szczotki a_1a_2 , zmienia kierunek tylko prąd I_1 , natomiast prąd I_2 płynie przed komutacją i po komutacji w tę samą stronę. Natomiast w zewzwojach zwieranych przez szczotki b_1b_2 występuje zjawisko odwrotne.

Dla umożliwienia prawidłowej komutacji stosuje się w amplitynie układ magnetyczny pokazany na rys. 9 z ewentualnym dodaniem biegunów zwrotnych, działających w strefie komutacyjnej szczotek b_1b_2 . Niekiedy (rzadziej) daje się także drugą parę biegunów zwrotnych dla poprawienia komutacji w zewzwojach zwieranych przez szczotki a_1a_2 . W maszynie takiej mamy również cztery bieguny, jak w maszynie z rys. 8. Tam jednak przez jed-

ną parę biegunów przepływał strumień Φ , a przez drugą strumień Φ_p , natomiast w rozwiązaniu z rys. 9 przez każdy biegun płyną obydwa strumienie. Mają one tam dogodną drogę, a zezwoje zwierane w czasie komutacji przez obydwa układy szczotek znajdują się w przestrzeni międzybiegunowej.

Należy podkreślić, że maszyna chociaż ma cztery bieguny, pracuje właściwie jako dwubiegunowa i jej uzwojenie twornika jest nawinięte jak w maszynie dwubiegunowej.

Podłużne oddziaływanie twornika występuje, gdy amplityna oddaje na zewnątrz prąd I_2 ze szczotek b_1b_2 . Wtedy powstaje strumień twornika Φ_d , którego oś pokrywa się z osią strumienia Φ , a którego kierunek jest przeciwny kierunkowi strumienia Φ . Zatem strumień Φ_d przeciwdziała strumieniowi Φ i zmniejsza wzmacniające działanie amplityny. Dla uniknięcia tego szkodliwego zjawiska umieszcza się na biegunach uzwojenie kompensacyjne zasilane prądem I_2 . Kierunek przepływu prądu I_2 jest tak dobrany, żeby strumień Φ_k wytworzony przez uzwojenie kompensacyjne przeciwdziałał strumieniowi Φ_d . Najlepsze skompensowanie uzyskuje się, jeżeli uzwojenie kompensacyjne zostanie rozłożone w żłobkach, znajdujących się w nabiegunkach. Wtedy bowiem pole magnetyczne wytwarzane przez to uzwojenie jest, praktycznie rzecz biorąc, lustrzanym odbiciem pola twornika, co umożliwia dokładne zniesienie szkodliwego strumienia Φ_d . Na rys. 9 pokazano schematycznie układ połączeń amplityny.

Stosownie do doboru wartości przepływu magnetycznego uzwojenia kompensacyjnego amplityna może być skompensowana, niedokompensowana i przekompensowana (rys. 10). Zależnie od tego przy wzroście prądu I_2 , oddawanego do obwodu zewnętrznego, napięcie U_2 na szczotkach b_1b_2 pozostaje stałe, maleje lub rośnie. Ponieważ w przypadku przekompensowania amplityna wykazuje tendencję do samowzbudzenia się, co jest niepożądane, najczęściej stosuje się pewne niewielkie niedokompensowanie. Ze względu na konieczność dokładnego nastawienia wymaganego rodzaju kompensacji włącza się równoległe do uzwojenia kompensacyjnego opornik regulowany. Przez odpowiedni dobór jego oporności uzyskuje się wymagany przepływ uzwojenia kompensacyjnego.

Zasadniczy schemat ideowy połączenia uzwojeń przedstawia rys. 11.

Oprócz opisanych wyżej uzwojeń amplityna może mieć dodatkowe uzwojenia wzbudzące, zależnie od tego w jakim układzie zautomatyzowanym pracuje. Uzwojenia te są często nazywane sterującymi.

Magneśnica (stojan) amplityny zwykle nie ma wydanych biegunów, pokazanych wyżej na schematycznych rysunkach, które wyjaśniają jej zasadę działania. Najczęściej magneśnicę składa się z blach, w których są wysztancowane żłobki na poszczególne uzwojenia. Bieguny zwrotne otrzymuje się przez wysztancowanie większych żłobków z obu ich stron.

4. Wielkości charakterystyczne w amplitynie.

a) Prąd w obwodzie zwartych szczotek a_1a_2 . Siła elektromotoryczna E_1 w obwodzie szczotek zwartych a_1a_2 musi pokonać spadek napięcia na oporze twornika R_t od prądu I_1 oraz spadek napięcia na szczotkach:

$$(19) \quad E_1 = I_1 \cdot R_t + 2\Delta U_p.$$

Jak poprzednio, będziemy dalej pomijać spadek napięcia na szczotkach, uwzględniając go częściowo przez odpowiednie zwiększenie oporu R_t . Należy tu jednak podkreślić, że spadek napięcia między komutatorem a szczotkami zwartymi ma wpływ na pracę amplityny i przy ściślejszych rozważaniach trzeba by to brać pod uwagę.

Siła elektromotoryczna E_1 wynosi w ogólnym przypadku:

$$(20) \quad E_1 = \frac{N}{a} \cdot \frac{pn}{60} \cdot (\Phi + \Phi_k - \Phi_d) \cdot 10^{-8} \text{ woltów.}$$

Oznaczając

$$(21) \quad \frac{N}{a} \cdot \frac{p}{60} \cdot 10^{-8} = c,$$

otrzymamy

$$(22) \quad E_1 = c \cdot n \cdot (\Phi + \Phi_k - \Phi_d).$$

Wyrazimy występujące tu strumienie magnetyczne przez odpowiednie przepływy oraz przewodności magnetyczne:

$$(23) \quad \Phi = \Lambda_m \cdot \Theta_m = \Lambda_m \cdot I_m \cdot z_m,$$

$$(24) \quad \Phi_k = \Lambda_m \cdot \Theta_k = \Lambda_m \cdot I_z \cdot z'_k,$$

$$(25) \quad \Phi_d = \Lambda_m \cdot \Theta_{t_2} = \Lambda_m \cdot I_z \cdot z'_t,$$

gdzie Λ_m — przewodność obwodu magnetycznego strumienia Φ (strumienie Φ_k i Φ_d płyną przez ten sam obwód magnetyczny), z'_k oraz z'_t — zastępcze liczby zwojów uzwojenia kompensacyjnego oraz uzwojenia twornika, otrzymane po uwzględnieniu rozłożenia tych uzwojeń w żłobkach. Inaczej można powiedzieć, że gdyby nawinięto na odpowiednich biegunach (w sposób analogiczny do nawinięcia cewek wzbudzących) cewki zastępcze mające z'_k oraz z'_t zwojów na parę biegunów, wtedy przepływy magnetyczne wytworzone przez te cewki dałyby w efekcie strumienie magnetyczne takie, jakie wytwarzają rzeczywiste uzwojenia kompensacyjne oraz twornikowe, rozłożone w żłobkach.

Można wyprowadzić, że dla uzwojenia twornika zastępcza liczba zwojów wynosi:

$$(26) \quad z'_t = \zeta \cdot \frac{N}{4 \cdot a \cdot p},$$

gdzie ζ — współczynnik uzwojenia (wzoru na z'_k nie podajemy, ponieważ — jak zobaczymy dalej — wielkość ta nie występuje we wzorach dla maszyny skompensowanej). Podstawiając (22), (23), (24), oraz (25) do wzoru (19), otrzymujemy:

$$(27) \quad I_1 = \frac{C \cdot n \cdot \Lambda_m \cdot [I_m \cdot z_m - I_z (z'_t - z'_k)]}{R_t}.$$

Jest to wzór ogólny dla przypadku, kiedy amplitudyna pracuje jako niedokładnie skompensowana. Poprzednio podano, że normalnie stosuje się tylko pewne bardzo nieznaczne niedokompensowanie. Dlatego nie popełnimy wielkiego błędu, przyjmując

$$I_z (z'_t - z'_k) = 0.$$

Wtedy

$$(28) \quad I_1 = I_m \cdot \frac{c \cdot n \cdot \Lambda_m \cdot z_m}{R_t},$$

albo podstawiając c ze wzoru (21):

$$(29) \quad E_1 = I_m \cdot \frac{N \cdot p \cdot n \cdot \Lambda_m \cdot z_m}{60 \cdot a \cdot R_t} \cdot 10^{-8} \text{ woltów.}$$

b) Prąd w obwodzie zewnętrznym przyłączonym do szczotek $b_1 b_2$. Siła elektromotoryczna E_2 musi pokryć spadek napięcia od prądu I_2 w uzwojeniu twornika, kompensacyjnym oraz w obwodzie zewnętrznym, a także spadek napięcia na szczotkach:

$$(30) \quad E_2 = I_2 (R_t + R_k + R_z) + 2\Delta U_p,$$

gdzie R_k — oporność uzwojenia kompensacyjnego, inne oznaczenia — jak poprzednio. Jeżeli maszyna ma bieguny zwrotne, należy także uwzględnić spadek napięcia w ich uzwojeniu.

Wprowadzając do wzoru (17) oznaczenie (21), otrzymujemy:

$$(31) \quad E_2 = c \cdot n \cdot \Phi_p.$$

Strumień Φ_p możemy wyrazić przez przewodność magnetyczną Λ_p obwodu, przez który on przepływa, oraz przez przepływ twornika Θ_{t_1} wywołany prądem I_1 :

$$(32) \quad \Phi_p = \Lambda_p \cdot \Theta_{t_1} = \Lambda_p \cdot I_1 \cdot z'_t,$$

gdzie z'_t jak w (26). Podstawiając (31) i (32) do (30) i pomijając, jak poprzednio, spadek napięcia $2\Delta U_p$ otrzymamy:

$$(33) \quad I_2 = \frac{c \cdot n \cdot \Lambda_p \cdot I_1 \cdot z'_t}{(R_t + R_k + R_z)}.$$

Wprowadzając do tego wzoru ogólne wyrażenie na prąd I_1 ze wzoru (27) otrzymamy:

$$I_2 = \frac{c^2 \cdot n^2 \cdot \Lambda_m \cdot \Lambda_p \cdot z'_t \cdot [I_m \cdot z_m - I_z (z'_t - z'_k)]}{R_t \cdot (R_t + R_k + R_z)},$$

skąd

$$(34) \quad I_2 = I_m \cdot \frac{c^2 \cdot n^2 \cdot \Lambda_m \cdot \Lambda_p \cdot z'_t \cdot z_m}{c^2 \cdot n^2 \cdot \Lambda_m \cdot \Lambda_p \cdot z'_t \cdot (z'_t - z'_k) + R_t (R_t + R_k + R_z)}.$$

Jest to wzór ogólny, dotyczący maszyny nieskompensowanej. Przy spotykanym w praktyce niewielkim niedokompensowaniu można z wystarczającą dokładnością pominąć pierwszy składnik w mianowniku. Wtedy

$$(35) \quad I_2 = I_m \cdot \frac{c^2 \cdot n^2 \cdot \Lambda_m \cdot \Lambda_p \cdot z'_t \cdot z_m}{R_t \cdot (R_t + R_k + R_z)}.$$

c) Moc w obwodzie zewnętrznym (na wyjściu w zmacniacza). Moc ta jest równa

$$P_2 = U_2 \cdot I_2 = I_2^2 \cdot R_z,$$

a więc na podstawie (35)

$$(36) \quad P_2 = I_m^2 \cdot \frac{c^4 \cdot n^4 \cdot \Lambda_m^2 \cdot \Lambda_p^2 \cdot z'^2_t \cdot z_m^2}{R_t^2 \cdot (R_t + R_k + R_z)^2} \cdot R_z.$$

d) Straty w uzwojeniu twornika. Jak widać z rys. 9, w częściach uzwojenia twornika, zawartych między szczotkami $a_1 b_2$ oraz $b_1 a_2$, prądy I_1 i I_2 mają zgodny kierunek. W pozostałych częściach uzwojenia prądy te mają kierunki przeciwne.

W jednym przewodzie twornika, w którym prądy I_1 i I_2 płyną zgodnie, powstają straty:

$$R'_p \left(\frac{I_2}{2a} + \frac{I_1}{2a} \right)^2,$$

gdzie R'_p — opór czynny jednego przewodu twornika (tzn. połowy jednego zwoju).

W jednym przewodzie twornika, w którym prądy I_1 i I_2 płyną w kierunkach przeciwnych, powstają straty

$$R'_p \left(\frac{I_2}{2a} - \frac{I_1}{2a} \right)^2.$$

(Wzory powyższe wynikają stąd, że przez poszczególne przewody płyną prądy takie, jak przez odpowiednie gałęzie równoległe, czyli

$$\frac{I_1}{2a} \quad \text{ i } \quad \frac{I_2}{2a}.)$$

Łączne straty w uzwojeniu twornika wynoszą

$$\begin{aligned} \Delta P_{\text{Cutt}} &= \frac{N}{2} \cdot R'_p \cdot \left(\frac{I_2}{2a} + \frac{I_1}{2a} \right)^2 + \frac{N}{2} \cdot R'_p \cdot \left(\frac{I_2}{2a} - \frac{I_1}{2a} \right)^2 = \\ &= \frac{N}{2} \cdot R'_p \cdot \frac{2(I_2^2 + I_1^2)}{4a^2}, \end{aligned}$$

ale ponieważ

$$\frac{N}{2a} \cdot R'_p \cdot \frac{1}{2a} = R_t,$$

więc

$$(37) \quad \Delta P_{\text{Cutt}} = R_t \cdot (I_1^2 + I_2^2).$$

Inaczej mówiąc, straty w uzwojeniu twornika są takie same, jak przy przepływie przez to uzwojenie prądu zastępczego, równego

$$(38) \quad I_{\text{zast}} = \sqrt{I_1^2 + I_2^2}.$$

e) Statyczny współczynnik wzmocnienia mocy. Wyznamy go ze wzoru (1):

$$\mu = \frac{\Delta P_{\text{wy}}}{\Delta P_{\text{we}}} = \frac{\Delta P_2}{\Delta P_m}.$$

Znajdziemy w ten sposób od razu współczynnik wypadkowy dla obydwu stopni wzmocnienia. (Również można by wyznaczyć osobno dla każdego stopnia współczynnik wzmocnienia, a następnie znaleźć współczynnik wypadkowy). Przy założeniu, że pracujemy w nienasyconej części charakterystyki maszyny, otrzymujemy:

$$\Delta P_2 = (I_m'^2 - I_m''^2) \cdot \frac{c^4 \cdot n^4 \cdot \Lambda_m^2 \cdot \Lambda_p^2 \cdot z'^2_t \cdot z_m^2}{R_t^2 \cdot (R_t + R_k + R_z)^2} \cdot R_z.$$

Tu I_m' i I_m'' oznaczają, jak poprzednio, ustalone wartości prądu wzbudzącego przed zmianą i po zmianie mocy w obwodzie wzbudzącym. Po podstawieniu otrzymamy:

$$(39) \quad \mu = \frac{c^4 \cdot n^4 \cdot \Lambda_m^2 \cdot \Lambda_p^2 \cdot z'^2_t \cdot z_m^2 \cdot R_z}{R_t^2 \cdot R_m \cdot (R_t + R_k + R_z)^2}.$$

Jak widać stąd, współczynnik wzmocnienia jest w dużym stopniu zależny od obrotów amplitudyny; dlatego istnieje

tendencja do wykonywania amplitudyn jako maszyn szybkobieżnych.

Ze wzoru (39) wynika, że ponieważ indukcyjność obwodu uzwojenia wzbudającego jest proporcjonalna do Λ_m oraz do z_m^2 , współczynnik wzmocnienia będzie proporcjonalny do stałej czasu obwodu wzbudającego $T_m = L_m/R_m$.

W podobny sposób można by też uzasadnić, że współczynnik wzmocnienia jest proporcjonalny do stałej czasu obwodu zwartego przez szczotki a_1a_2 . Wnioskujemy stąd, że zwiększając współczynnik wzmocnienia przez zwiększenie przewodności magnetycznej Δ_m oraz Δ_p powodujemy jednocześnie zmniejszenie prędkości przebiegu procesów przejściowych. Decydującą rolę w tym względzie odgrywa stała czasu obwodu wzbudającego, T_m jako większa. Dla utrzymania tej stałej czasu w wymaganych granicach trzeba najczęściej uciekać się do zwiększania oporności R_m , stosując dodatkowe opory. Ponieważ T_m jest proporcjonalna do Δ_m , a μ do Δ_m^2 , możemy — zwiększając β -krotnie Δ_m — uzyskać tę samą co poprzednio stałą czasu zwiększając β -krotnie oporność R_m .

Przy tym współczynnik wzmocnienia μ będzie β -krotnie większy. Straty mocy w oporach dodatkowych w obwodzie wzbudzenia są znikome, wobec bardzo małej mocy w tym obwodzie w porównaniu z mocą na wyjściu.

Rozważania powyższe są uzasadnieniem tendencji budowania amplitudyn o możliwie dużej przewodności Δ_m oraz Δ_p . Dlatego wykonuje się amplitudyny z mało nasyconym obwodem magnetycznym i ze szczeliną powietrzną mniejszą niż w normalnych maszynach prądu stałego o tej samej mocy i prędkości obrotowej.

Spółczynnik wzmocnienia w amplitudynach osiąga wartości ok. 10 000 ÷ 25 000 lub nawet większe.

5. Stany przejściowe.

W rozdziale poprzednim wyznaczaliśmy główne wielkości dla przypadku pracy ustalonej. W amplitudynie — ze względu na jej przeznaczenie — bardzo ważną rolę odgrywa charakter procesów przejściowych, które następują po każdej zmianie w obwodzie wzbudającym (lub — ogólnie — w obwodach wzbudających, jeżeli jest ich kilka), ponieważ w układach zautomatyzowanych wymagana jest jak największa szybkość działania wzmacniaczy.

Amplitudyna ma szereg uzwojeń wzajemnie ze sobą skojarzonych. Każde z nich ma pewną określoną indukcyjność własną oraz indukcyjności wzajemne między tym uzwojeniem a pozostałymi. Powyższe indukcyjności decydują o wielkości poszczególnych stałych czasu, a zatem i o przebiegu procesów przejściowych. Poza tym ten przebieg zależy od stopnia skompensowania maszyny, od przesunięcia szczotek oraz od szeregu innych zjawisk dodatkowych. Uwzględnienie indukcyjności wzajemnych, nieskompensowania maszyny oraz zjawisk dodatkowych prowadzi do skomplikowanych rozważań. W niniejszym artykule podano tylko rozważania przybliżone z pominięciem indukcyjności wzajemnej oraz dodatkowych zjawisk. Poza tym założono, że amplitudyna jest w pełni skompensowana.

Rozpatrzmy przebieg zmian chwilowych wartości e_2 (siły elektromotorycznej na szczotkach b_1b_2 w nieobciążonej amplitudynie) dla przypadku nagłego doprowadzenia do zacisków obwodu wzbudającego stałego napięcia o wartości U_m . Maszyna jest napędzana ze stałymi obrotami n i w chwili doprowadzenia napięcia U_m była niewzbudzona.

Dla obwodu wzbudającego słuszne jest wtedy równanie

$$(40) \quad U_m = i_m \cdot R_m + L_m \cdot \frac{di_m}{dt},$$

gdzie: i_m — chwilowa wartość prądu wzbudającego,
 L_m — indukcyjność obwodu wzbudającego,
 R_m — całkowita oporność czynna obwodu wzbudającego,

t — czas

Prąd i_m po doprowadzeniu napięcia U_m zacznie wzrastać według znanej zależności:

$$(41) \quad i_m = \frac{U_m}{R_m} \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{T_m}}\right).$$

Tu $U_m/R_m = i_{m\text{ust}}$ jest wartością prądu, która ustali się teoretycznie po czasie nieskończenie długim, praktycznie po $t = 3 T_m \div 5 T_m$; stała czasu $T_m = L_m/R_m$.

Wzór (41) dotyczy przypadku, kiedy w chwili $t = 0$ prąd $i_m = 0$ (zgodnie z naszym założeniem). Dalej będzie omówiony przypadek ogólniejszy zmian e_2 , gdy przy $t = 0$ jest $i_m \neq 0$.

Zmiany prądu i_m powodują zmiany chwilowych wartości siły elektromotorycznej e_1 w obwodzie zwartym przez szczotki a_1a_2 , ponieważ

$$(42) \quad e_1 = k_1 \cdot n \cdot i_m.$$

Wiemy, że siła elektromotoryczna e_1 wywołuje w obwodzie zwartym przez szczotki a_1a_2 przepływ prądu i_1 , który odpowiada równaniu

$$(43) \quad e_1 = i_1 \cdot R_t + L_1 \cdot \frac{di_1}{dt},$$

gdzie L_1 — indukcyjność obwodu zwartego przez szczotki a_1a_2 . Zmiany prądu i_1 wywołują z kolei zmiany siły elektromotorycznej e_2 w obwodzie szczotek b_1b_2 , zgodnie z równaniem

$$(44) \quad e_2 = k_2 \cdot n \cdot i_1.$$

Przy maszynie nieobciążonej chwilowa wartość napięcia na szczotkach b_1b_2 będzie równa e_2 .

Posługując się rachunkiem operatorowym możemy napisać równania nasze w postaci:

$$U_m = (R_m + L_m p) i_m,$$

$$e_1 = k_1 \cdot n \cdot i_m = (R_t + L_1 p) i_1.$$

Stąd

$$e_2 = k_2 \cdot n \cdot i_1 = \frac{k_2 \cdot n \cdot e_1}{(R_t + L_1 p)} = \frac{k_2 \cdot n}{(R_t + L_1 p)} \cdot \frac{k_1 \cdot n \cdot U_m}{(R_m + L_m p)}.$$

Po przekształceniach otrzymamy

$$e_2 = \frac{k_1 \cdot k_2 \cdot n^2 \cdot U_m}{R_m \cdot R_t (1 + T_m p) \cdot (1 + T_1 p)},$$

gdzie $T_1 = L_1/R_t$ — stała czasu obwodu zwartego przez szczotki a_1a_2 ,

T_m — jak poprzednio.

Rozwiązanie tego równania będzie:

$$(45) \quad e_2 = \frac{k_1 \cdot k_2 \cdot n^2 \cdot U_m}{R_m \cdot R_t} \cdot \left[1 - \frac{T_m}{T_m - T_1} \cdot e^{-\frac{t}{T_m}} + \frac{T_1}{T_m - T_1} \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} \right].$$

Otrzymaliśmy równanie dla przebiegu procesu przejściowego przy najprostszych warunkach początkowych. W czasie pracy amplitudyny możliwe są także następujące przypadki:

- 1) doprowadzono do obwodu wzbudającego napięcie stałe U_m , a następnie — przed ustaleniem się prądów i_m , i_1 oraz siły elektromotorycznej e_2 — zmieniono napięcie na zaciskach obwodu wzbudającego do wartości U_{m2} ;
- 2) przed doprowadzeniem napięcia U_m do zacisków obwodu wzbudającego prądnicą była wzbudzona, przy czym prądy i_m , i_1 oraz siła elektromotoryczna e_2 osiągnęły już swe wartości ustalone.

Przypadek pierwszy jest ogólniejszy i odpowiada nakładaniu się na siebie dwóch procesów przejściowych. Przypadek drugi odpowiada nakładaniu się procesu przejściowego na początkowy stan ustalony. Rozważania, których tu nie przytaczamy ze względu na wąskie ramy artykułu, prowadzą do następującego wzoru na chwilową wartość siły elektromotorycznej dla przypadku pierwszego:

$$(46) \quad e_2 = e_{2\text{ust}} + \frac{T_m}{T_m - T_1} \cdot \left(e_{2\text{pocz}} - e_{2\text{ust}} + \frac{de_{2\text{pocz}}}{dt} \right) \cdot e^{-\frac{t}{T_m}} - \frac{T_1}{T_m - T_1} \cdot \left(e_{2\text{pocz}} - e_{2\text{ust}} + \frac{de_{2\text{pocz}}}{dt} \right) \cdot e^{-\frac{t}{T_1}},$$

gdzie $e_{2\text{pocz}}$ — początkowa wartość siły elektromotorycznej w chwili $t = 0$,

(47) $e_{2\text{ust}} = \frac{k_1 \cdot k_2 \cdot n^2 \cdot U_m}{R_m \cdot R_t}$ — ustalona wartość siły elektromotorycznej e_2 (po zakończeniu się procesu przejściowego).

Wzór (46) jest wzorem ogólnym. Podstawiając dla przypadku 2):

$$e_{2\text{pocz}} = e_{2-0} = \text{const.},$$

otrzymujemy

$$\frac{de_{2\text{pocz}}}{dt} = 0.$$

Stąd

$$(48) \quad e_2 = e_{2 \text{ ust}} + \frac{e_{2-0} - e_{2 \text{ ust}}}{T_m - T_1} (T_m \cdot e^{-\frac{t}{T_m}} - T_1 \cdot e^{-\frac{t}{T_1}}).$$

Łatwo jest również stwierdzić, że dla $e_{2-0} = 0$ wzór (48) przekształci się tak, że otrzymamy wzór (45), wyprowadzony poprzednio dla przypadku nagłego doprowadzenia napięcia do obwodu wzbudającego niewzbudzonej maszyny.

Na przebiegi procesów przejściowych decydujący wpływ ma stała czasu obwodu wzbudającego T_m , gdyż w budowanych dotychczas amplitdynach jest ona znacznie większa od T_1 . Przeciętne wartości wynoszą (według Bowera):

$$T_m = 0,13 \div 0,17 \text{ sek}; \quad T_1 = 0,02 \div 0,07 \text{ sek}.$$

Podane wyżej równania dotyczą siły elektromotorycznej e_2 na szczotkach $b_1 b_2$ nieobciążonej amplitdyny. Zmiany prądu i_2 oddawanego na zewnątrz zależą z kolei od zmian e_2 , od stałej czasu obwodu uzwojenia twornika odpowiadającego szczotkom $b_1 b_2$, a przede wszystkim od parametrów obwodu zewnętrznego, zasilanego z tych szczotek.

6. Możliwości zastosowania amplitdyny.

W związku z coraz szerszym rozwojem automatyki w różnych gałęziach techniki amplitdyna znalazła liczne zastosowania tam, gdzie pod względem techniczno-ekonomicznym może z powodzeniem konkurować z innymi odmianami wzmacniaczy. Spotykamy ją w różnych układach napędowych, w nowoczesnych rozwiązaniach samoczynnej regulacji napięcia prądnic synchronicznych oraz w licznych urządzeniach pomocniczych, stosowanych przy różnorodnych procesach technologicznych (np. w urządzeniach do samoczynnego przesuwania elektrod w piecach łukowych, w szeregu urządzeń pomocniczych w walcowniach, w przemyśle papierniczym itd.).

Zależnie od rodzaju układu amplitdyna może pracować jako wzbudnica, podwzbudnica, prądnicza dodawcza lub też jako element, który wzmacnia nadchodzący impuls

i przekazuje go dalej. Przy dalszych postępach automatyki w licznych gałęziach przemysłu i energetyki zakres możliwości stosowania amplitdyny będzie się niezawodnie zwiększał.

LITERATURA

- B o w e r I. L. Fundamentals of the Amplitdyn Generator (Trans. A. I. E. E., 1945, str. 879)
 C z e l u s t k i n A. B. i R o z e n m a n E. A. Awtomatizieskoje uprawlenie prokatnymi stanami (Mietalurgizdat, Moskwa, 1950)
 C r e v e r E. E. Fundamental Principles of Amplitdyn Applications (Trans. A. I. E. E., 1943, str. 603)
 G o r i a i n o w F. A. i S a ł g u s G. K. Raszczot magnitnoj cepi elektromaszinnowo usilitiela (Elektrizestwo, 1948, nr 9)
 G r a y b e a l T. D. Steady-State Theory of the Amplitdyn Generator (Trans. A. I. E. E., 1942, str. 760)
 F i s h e r A. The Design Characteristics of Amplitdyn Generator (Trans. A. I. E. E., 1940, str. 999)
 J a k i m i e n k o N. M. Elektromaszinnij usilitiel kak element regulirujuszej sistemy (Elektrizestwo, 1948, nr 9)
 K o s t i e n k o M. P. Elektrizieskije masziny (Gosenergoizdat, Leningrad — Moskwa, 1949)
 M a r i a n o w s k i D. I. Elektromaszinnije usilitieli w sistemach awtomatizieskowo uprawlenia i regulirowanija elektropriwodow (Elektrizestwo, 1948, nr 9)
 M o n o z o n N. A. Niekotoryje osobennosti teorii i projektirowanija elektromaszinnowo usilitiela (Elektrizestwo, 1948, nr 9)
 N i k i t i n W. P. i K u n i c k i N. P. Elektropriwod s amplitdinom pitajuszczim dwigatel' mechanizma (Izw. Akad. Nauk ZSRR. Otdiel. tiehn. nauk, 1944, str. 433)
 P o p o w W. K. Osnovy elektropriwoda (Gosenergoizdat, Leningrad — Moskwa, 1951)
 S a u n d e r s R. M. Dynamoelectric Amplifiers (Electrical Engineering, 1950, nr 8)
 S e q u e n z H. Zur Theorie der Verstärkermaschine (Amplitdyn) (Elektrotechnik u. Maschinenbau, 1944, str. 173)
 S e q u e n z H. Verstärkermaschinen (Elektrotechnik und Maschinenbau, 1952, nr 17)
 S z k l a r s k i L. Zasady napędu elektrycznego (PZWS, Kraków, 1951, skrypt)
 S z k l a r s k i L. Zastosowanie wzmacniaczy maszynowych do sterowania maszyn wyciągowych o napędzie Leonarda (Przegl. Elektr., 1952, z. 12, str. 475)
 W i l l i a m s J. R. The Amplitdyn (Electrical Engineering, 1946, str. 208)

Kable energetyczne (MKWSE, 1952)

Mgr inż. KAZIMIERZ KOLBIŃSKI

1. Wstęp.

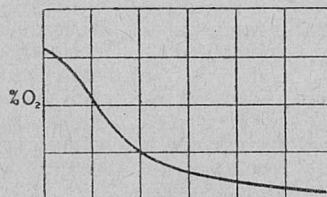
Ustalono od roku 1930 typy kabli bardzo wysokich napięć — olejowy i gazowy — przechodziły szereg ewolucji, przy czym dla kabli gazowych na ogół spotykamy więcej rozwiązań. W obydwu typach ogólnym dążeniem jest wytwarzanie kabli tańszych i o możliwie prostej konstrukcji zarówno samych kabli, jak i koniecznych do ich eksploatacji urządzeń. Wynikiem tego jest stałe podno-

wyższanie ciśnienia, które ostatnio przekracza już 15 kG/cm². Kable olejowe najstarszego typu zdały egzamin pod względem pewności ruchu. Dalszą zmianą w nich są dodatkowe kanały na wewnętrznej powierzchni płaszczów olejowych, które pozwalają na lepszy przepływ oleju w przypadkach grubszej izolacji przy bardzo wysokich napięciach. W dziedzinie kabli gazowych konstruktorzy dążą do stosowania ich przy coraz wyższych napięciach. W Ameryce zwłaszcza można uważać za ustaloną odmianę kabla olejowego typu „oilo-static“ (żyły ekranowane w rurze napełnionej olejem).

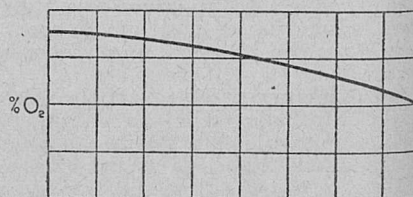


Rys. 1. Metoda bańki gazowej

N — koniec zasilany
 F — kierunek przepływu gazu E — upływ



Wprowadzenie gazu w punkcie A



Wprowadzenie gazu w punkcie B

szczenie ciśnienia, które ostatnio przekracza już 15 kG/cm². Kable olejowe najstarszego typu zdały egzamin pod względem pewności ruchu. Dalszą zmianą w nich są dodatkowe kanały na wewnętrznej powierzchni płaszczów olejowych, które pozwalają na lepszy przepływ oleju w przypadkach grubszej izolacji przy bardzo wysokich napięciach. W dziedzinie kabli gazowych konstruktorzy dążą do stosowania ich przy coraz wyższych napięciach. W Ameryce zwłaszcza można uważać za ustaloną odmianę kabla olejowego typu „oilo-static“ (żyły ekranowane w rurze napełnionej olejem).

2. Doświadczenia eksploatacyjne w sieciach kablowych wysokiego napięcia.

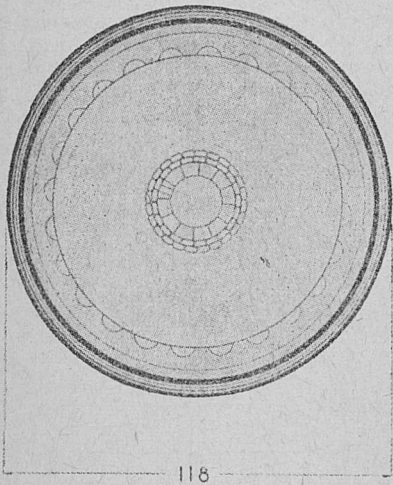
Kabel tzw. „ciśnieniowy“ zapoczątkował produkcję kabli gazowych o wysokim ciśnieniu, w których wyzyskano podwyższenie napięcia jonizacji we wtrącinach gazowych

były przeważnie natury mechanicznej i powodowały nieszczelności, przez które uciekał gaz. Poważne szkody spowodowała w kablu pod Londynem korozja elektrolityczna, wywołana prądami błądzącymi z pobliskiej sieci tramwajowej [1].

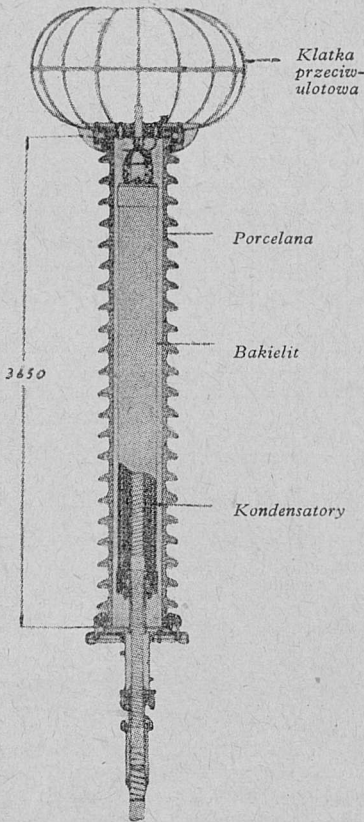
Trudności z odnajdywaniem miejsc powstawania nie szczelności w kanalizacji kablowej starano się zmniejszyć przez wprowadzenie specjalnych metod. Jedną z nich jest metoda „bańki“ gazowej. Gaz złożony wprowadza się do kabla przez jedną z końcówek, a „bańkę“ tlenu przez jedno ze złączy, po czym zmniejszenie koncentracji tlenu określa się w regularnych odstępach czasu. Jeżeli „bańka“ tlenu jest wprowadzona za miejscem upływu gazu, szybkość malenia koncentracji tlenu jest mała, ponieważ powodowana jest wyłącznie przez dyfuzję; jeżeli zaś „bańka“ tlenu znajduje się między punktami upływu gazu i wprowadzania gazu, koncentracja maleć będzie szybko

Na rys. 1 pokazano przebieg malenia z biegiem czasu koncentracji tlenu, wprowadzonego do kabla w różnych miejscach. Wykrycie miejsca upływu gazu wielkości rzędu 250 l/h trwało kilka godzin, a przy upływie rzędu 25 l/h szereg dni.

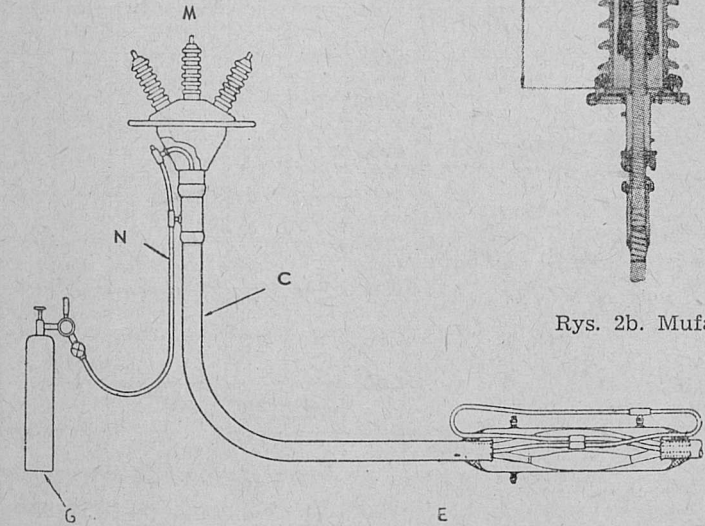
Duże usługi przy wykrywaniu miejsc upływu gazu mogą dać aparaty elektronowe, które wprowadzono w ostatnich czasach do prób.



Rys. 2a. Przekrój kabla



Rys. 2b. Mufa końcowa



Rys. 4. Sposób instalowania rurki o ścianie pełnej w mufach łączonych i końcowych

M — mufa końcowa G — butla z gazem E — rurka ze spirali otwartej
N — rurka do zasilania gazem C — kabel trójżyłowy

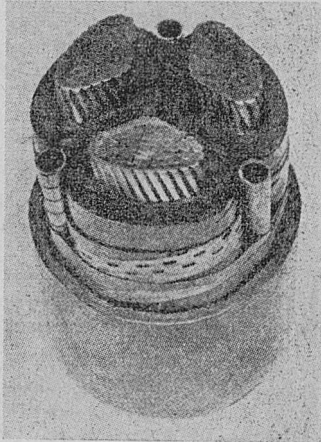
Żyły przewodzące w ostatnich konstrukcjach kabli ciśnieniowych powyżej 33 kV mają z reguły kształt owalny. W kablach na napięcie powyżej 132 kV żyłę pokrywa się dwiema taśmami z papieru karbonizowanego, który ma na celu wyrównanie i obniżenie naprężeń dielektrycznych (natężeń pola elektrycznego) na poszczególnych drutach, a jednocześnie usunięcie oddziaływania chemicznego między syciwem i miedzią w temperaturze pra-

T a b l i c a I. Największe naprężenia dielektryczne w kablach ciśnieniowych

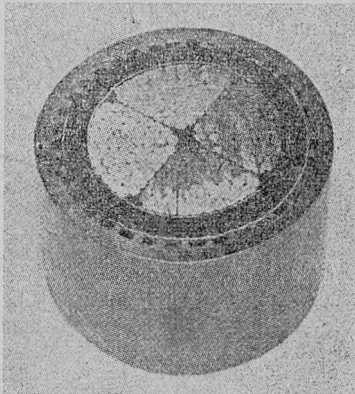
Napięcie między-przewodowe	Naprężenie dielektryczne max. (kV/cm)	Grubość izolacji (mm)	Wytrzymałość na udary (kV)	Ciśnienie znamionowe gazu (kG/mm)	Uwagi
33	80	3,5	194	14	żyła okrągła
66	93,5	8,0—5,0	340	14	żyła owalna
162	110	12,5—9,0	640	14	
220	135	14,5	1050	17,5	żyła z ekranem
275	150	19	1050	17,5	" "

cy kabla. Papier użyty do izolowania jest w dobrym gatunku i jednakowej grubości z wyjątkiem kilku warstw na samej żyłce kabla.

Tabl. I podaje dane dotyczące największych naprężeń dielektrycznych dla kabli ciśnieniowych różnych napięć o różnych ciśnieniach w rurze. Syciwo w kablu i sposób nasykania nie różnią się od stosowanych w normalnych kablach, natomiast płaszcz ołowiany wykonany z dobrego



Rys. 3. Przekrój kabla gazowego trójżyłowego niskiego ciśnienia z dwiema rurkami w postaci spiral otwartych i jednej rurki o ścianie pełnej



Rys. 5. Kabel gazowy jednożyłowy z kanałami wewnętrznymi w płaszczu ołowianym do przepływu gazu

gatunku możliwie czystego ołowiu (pracy z próżnią) ma grubość najmniejszą, która jest dopuszczalna ze względu na technikę wyprasowywania płaszcza na prasie.

Wzmocnienie płaszcza-diafragmy odbywa się przez owinięcie nasyconym papierem i taśmami stalowymi antymagnetycznymi.

W przypadku kabla z żyłami we wspólnej rurze ołowianej rura ta o grubości normalnej jest wzmocniona 2 lub 4 taśmami miedzianymi, mosiężnymi lub stalowymi grubości 0,3 mm, nawiniętymi małym skokiem w jednym kierunku na podkładzie z papieru nasyczonego. Wzmocnienia podłużne stanowią wąskie taśmy metalowe nawinięte dużym skokiem na zewnątrz. Ochronę antykorozyjną stanowi osłona z gumy na całej długości kabla.

W przypadku stosowania rur stalowych bez szwu średnica ich musi być taka, żeby kabel zajmował 40% przekroju rury.

Osłonę antykorozyjną stanowi mieszanina piasku zmieszanego z bitumami.

W eksploatacji kabli ciśnieniowych okazało się, że dążność do zbytowego wyposażenia instalacji w różnego rodzaju urządzenia pomocnicze nie jest celowa ze względu na zwiększenie się możliwości strat ciśnienia. Całe urządzenie ograniczono do kranu do przyłączania butli z gazem przy pomocy rurki gumowej i do naczynia wyrów-

nawczego na końcach kabla. To naczynie ma na celu kompensowanie zmiany objętości oleju w końcówkach, powstającej podczas zmian temperatury. Wszelkie połączenia przy końcówkach winny być spawane i odporne na drgania.

Izolatory porcelanowe odporne na ciśnienie 15 kg/cm² muszą mieć dużą oporność izolacji (do 200 MΩ między pierścieniami). Przy napięciach powyżej 132 kV konieczne jest stosowanie końcówek kondensatorowych.

Złącza kabli ciśnieniowych wykonane są przez nawijanie taśm papierowych i nałożenie na nawinięty papier metalowego ekranu.

Dane próbnego odcinka kabla jednofazowego na 275 kV, zainstalowanego w laboratorium, są następujące: żyła na 300 mm² z ekranem, największe napięcie dielektryczne 15 kV/mm, grubość izolacji 19 mm, średnica ogólna 95 mm, ciśnienie gazu 17,5 kg/cm², okresy obciążeń pod napięciem 1,33 razy napięcie robocze 130 godz. przy 85°C, 20 godz. przy 90°C, stratność przy napięciu roboczym $\tan \delta = 0,021$ bez zmian po poszczególnych okresach obciążeń.

Kable ciśnieniowych na napięciu 132 i 120 kV pracuje w Ameryce 7 odcinków łącznej długości około 40 km; największe napięcie dielektryczne wynosi w nich 11,0 kV/mm, moc przenoszenia do 125 MVA. W laboratorium w Fontenay ułożony jest odcinek próbny długości 120 m na 220 kV (1 żyła w rurze ołowianej); jego największe napięcie dielektryczne wynosi 13,5 kV/mm.

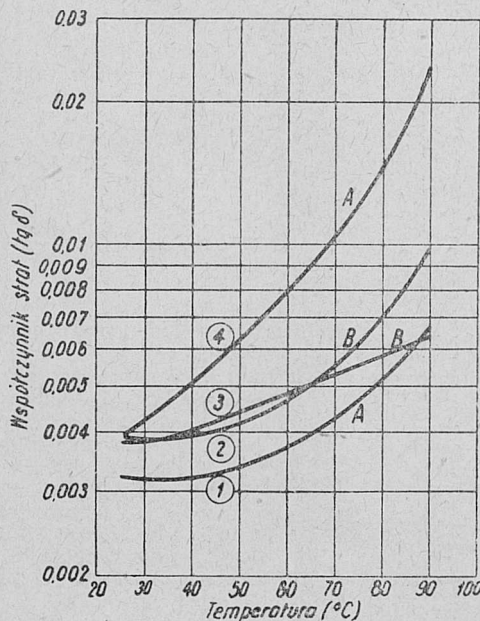
Kablem olejowym zbudowanym po szeregu doświadczeń zmierzających do zmniejszenia wymiarów i kosztów, jest szwedzki kabel olejowy z elektrowni Harspranget. Kabel ten, wykonany na napięciu robocze 380 kV, przenosi moc 360 MVA. Jego moc zwarcia na 0,15 sek. wynosi 10 MVA. Różnica poziomów między końcówkami kabla 65 m [2].

Założeniem przy opracowywaniu konstrukcji kabla na 380 kV było to, żeby wymiary jego były takie, jak kabla na 220 kV, ze względu na wielkie trudności układania kabla dużo grubszego. Żyłę przewodzącą o przekroju 500 mm² wykonano z drutów profilowych i następnie sprasowano celem zmniejszenia średnicy wewnętrznej i wygładzenia zewnętrznej powierzchni żyły, co pozwoliło na zaniechanie owinięcia jej papierem metalizowanym. Kanał wewnątrz żyły wynosi 16 mm. Izolację kabla nawinięto z bardzo cienkich i wąskich taśm papierowych w liczbie 500 dla grubości izolacji 33 mm. Ze względu na dużą grubość izolacji wykonano na wewnętrznej powierzchni płaszcza ołowianego kanały podłużne, aby ułatwić przepływ oleju w kablu. Ponieważ kanałami tymi płaszcz został osłabiony, nałożono na kabel jeszcze drugi płaszcz. Pancerz kabla wykonano z taśm miedzianych: 2 taśmy grubości 1 mm o małym skoku wzmacniające ołów, znajdujący się pod ciśnieniem roboczym 10 kg/cm², i 30 taśm grubości 0,5 mm, pracujących na napięciu podłużne. Na ostatnie nałożono jeszcze dwie taśmy grubości 0,5 mm o małym skoku, aby zabezpieczyć poprzednie od odwijania się. Przekrój kabla podaje rys. 2a. Zewnętrzna średnica kabla z warstwą ochronną przeciwkorozyjną wynosi 118 mm, waga 52 kg/m. Napięcie dielektryczne robocze w kablu wynosi 12,3 kV/mm. Napięcia te podczas prób kabla wynosiły: dla fal udarowych 1775 kV/100 kV/cm, dla prób napięciem zmiennym 450 kV między żyłą i ołowiem w ciągu 1 minuty czyli 25,4 kV/cm. Stratność kabla mierzona przed próbą i po próbie napięciowej na 155 kV do 305 kV wynosiła $3,4 \cdot 10^{-3}$.

Straty w opisanym kablu są trzech rodzajów: straty (prądowe) w żyłce przewodzącej, straty w dielektryku i straty w płaszczu ołowianym oraz pancerzu spowodowane prądami wirowymi.

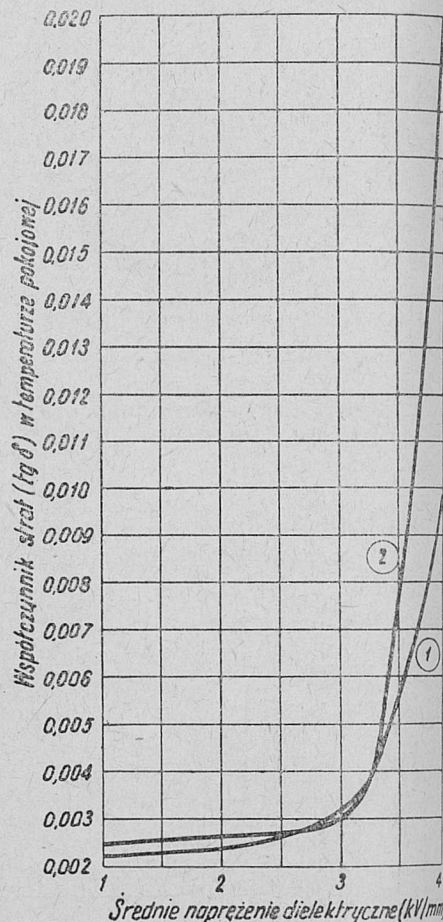
Przy mocy przenoszonej 360 MVA pod napięciem 340 kV prąd wynosi 615 A, a straty w miedzi żyły 0,167 W/cm. Straty w papierze przy stratności papieru 0,035 wynoszą na fazę 0,10 W/cm. Wreszcie straty w płaszczu ołowianym i pancerzu wynoszą około 38,15 i 50% strat w żyłce dla różnych faz, jeżeli kable ułożono obok siebie w jednej płaszczyźnie w odległości wzajemnej 250 mm, straty całkowite wynoszą więc 0,29 do 0,35 W/cm.

W założeniu zewnętrznej temperatury 12°C wzrost



Rys. 6a. Współczynnik strat dielektrycznych w kablu na 27 000 V przed ułożeniem oraz po roku i po 10 latach pracy

- 1 — kabel A przed ułożeniem
- 2 — kabel A po 1 roku pracy
- 3 — kabel B przed ułożeniem
- 4 — kabel B po 10 latach pracy



Rys. 6b. Zależność współczynnika strat dielektrycznych w kablu na 27 kV od napięcia dielektrycznego

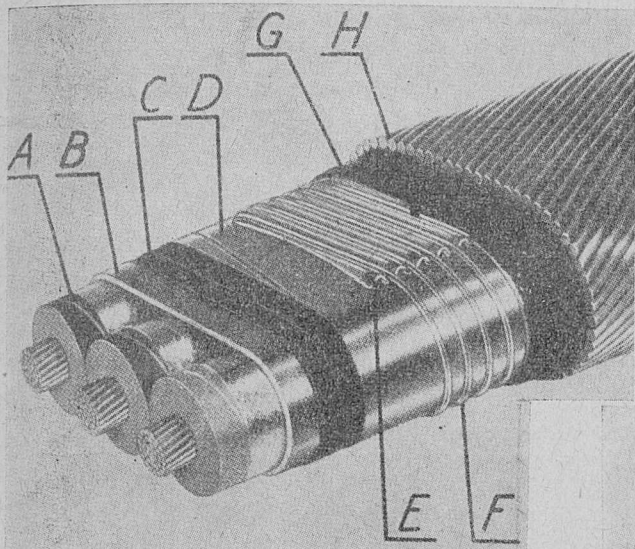
temperatury żył wynosi do 52°C, przy czym w częściach kabla stykających się z powietrzem o temperaturze 25 do 30°C może dochodzić do 65–70°C. Temperatura ta jest zbyt wysoka dla kabla na tak wysokie napięcie i należy ją obniżyć poniżej 60°C przez osłanianie przed działaniem promieni słonecznych i dodatkowe izolowanie części znajdujących się nad ziemią. Aby uniknąć zbytniego oziębiania kabla w częściach ponad ziemią w czasie zimy, co mogłoby utrudnić przepływ oleju, podgrzewa się go ciepłym powietrzem (10–12°C).

Należy zwrócić uwagę na konieczność uziemiania obydwu końców kabla ze względu na możliwość przepięcia. Poza tym ze względu na wysokość napięcia, które mogą wystąpić na płaszczu (500 V) przy zwarciach o mocy 10 000 MVA, konieczne jest izolowanie dodatkowo gumą części kabla, które mogą być dotknięte.

Końcówki kabla z izolatorami porcelanowymi mają wewnątrz rury bakielitowe, które mają na celu ochronę izolatorów porcelanowych od działania ciśnienia. Końcówki pokazane na rys. 2b — typu kondensatorowego — są wyposażone w klatki ochronne, zmniejszające ulot. Napięcie przebicia kabla przy próbie wynosiło 782 kV po 14 sek.

W dziedzinie kabli o napełnieniu gazowym dużo doświadczeń eksploatacyjnych zebrano w ciągu ostatnich lat z pracy kabli o niskim ciśnieniu [8]. Kable te wpro-

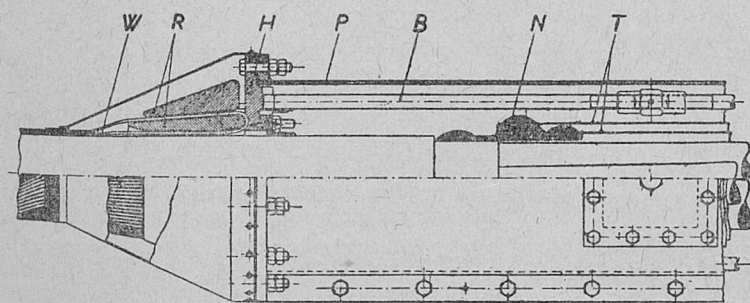
wadzone przed rokiem 1938 przez GEC miały na celu poprawienie pracy kabli wysokonapięciowych ze zwykłą izolacją nasyconą, w których bardzo często występowały uszkodzenia wskutek powstawania nieszczelności w płaszczach ołowianych.



Rys. 7. Kabel płaski

- A — trzy żyły ekranowane papierem metalizowanym, ułożone w jednej płaszczyźnie obok siebie
B — płaszcz ołowiany stanowiący płaską membranę
C — ochrona przeciwkorozyjna
D — pancerz
E — membrana z falistych taśm brązowych
F — owinięcie drutem miedzianym
G — juta nasączona gudronem
H — pancerz kabla

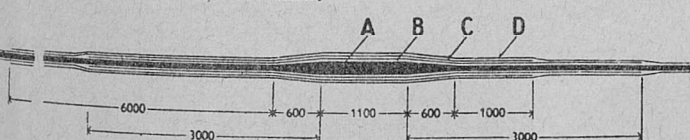
Badania dokonane z kablami o napełnieniu gazowym wykazały, że można wykonać kable, w których gaz jest wprowadzony na całej długości i podtrzymuje ciśnienie dodatnie zarówno na płaszczu, jak i na izolacji, i w których można zmniejszyć grubość w stosunku do zwykłych kabli z izolacją papierową nasyconą pod warunkiem, że będą one pracowały przy napięciu dielektrycznym najwyższej 2,6 kV/mm i



Rys. 8. Budowa mufy przelotowej

- W — druty uzwojenia
R — pierścień klinowy
H — głowice mufy przelotowej
B — sworzeń
N — obsada z brązu cynowanego
P — rura dwudzielna stalowa
T — rura miedziana

przy ciśnieniu gazu wewnątrz kabla 0,7 kG/cm². Ostatnio w rezultacie szeregu badań projektuje się podniesienie napięcia do 2,8 kV/mm.



Rys. 9. Złącza giętkie

- A — rura giętka owinięta taśmami
B — specjalna warstwa drutu pancernego nawinięta dużym skokiem w przeciwnieństwie do pancerza kabla
C — pancerz kabla od strony lewej
D — pancerz kabla od strony prawej

Na rys. 3 pokazany jest kabel takiego typu — trójżyłowy, przy czym kanały do wprowadzania gazu są wyko-

nane dwa z otworami na całej długości, trzeci pełny doprowadzający gaz do złącza.

Na rys. 4 pokazano sposób zasilania kabla trójżyłowego azotem. W przypadku kabli jednożyłowych kabel wykonany jest jak na rys. 5. Gaz przepływa kanałami na wewnętrznej powierzchni płaszcza. Aby uniknąć zatykania kanałów przez syciwo, trasę kablów buduje się z niewielkich odcinków.

Przekroje kabli trójżyłowych są przeważnie 400 i 250 mm². Zachowanie się kabla w eksploatacji i zmiany, które zaszły w kablu w ciągu 10-letniej pracy, zbadano między innymi na kablu na 27 000 V, trójżyłowym o przekroju 250 mm². Napięcia dielektryczne w czasie pracy kabla dochodziły do 2,8 kV/mm.

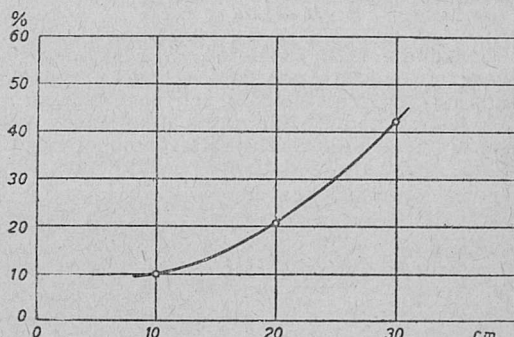
Na rys. 6a pokazano zależność współczynnika strat dielektrycznych od temperatury dla dwu odcinków kabli, z których jeden (A) mierzono po jednym roku pracy, drugi (B) po 10 latach. Ogłędziny izolacji kabli nie wykazały powstawania miejsc niewypełnionych syciwem ani formowania się wosku kablowego na taśmach papierowych. Należy zauważyć, że kabel nie leżał w jednym poziomie. Zależność współczynnika strat dielektrycznych w tempera-



Rys. 10. Bęben pływający

turze stałej otoczenia (20°C) od naprężenia elektrycznego pokazana jest na rys. 6b dla kabla po jednym roku pracy (A) i dla kabla po 10 latach pracy (B).

Przeprowadzono również badania z syciwami — z ole-



Rys. 11. Straty w płaszczu ołowianym kabla na 50 kV o przekroju 120 mm² (w procentach strat w żyłach) w zależności od odległości (w cm) między osiami kabli

ju z polibutenu i oleju naftenowego. Okazało się, że zjonizowany azot nie jest obojętny i wiąże się chemicznie z olejami węglowodorowymi, przy czym oleje naftenowe są mniej podatne na tę reakcję.

3. Kable morskie.

W ostatnich kilku latach wykonano kilka połączeń kablów podziemnych kablami podziemnymi wysokiego napięcia.

W przypadku połączenia Dania — Szwecja w lipcu 1951 roku ułożono kabel długości 10,5 km o przekroju 3 × 185 mm² na napięcie 120 — 132 kV. Kabel ten (rys. 7) jest kablem olejowym konstrukcji płaskiej*, bez zbior-

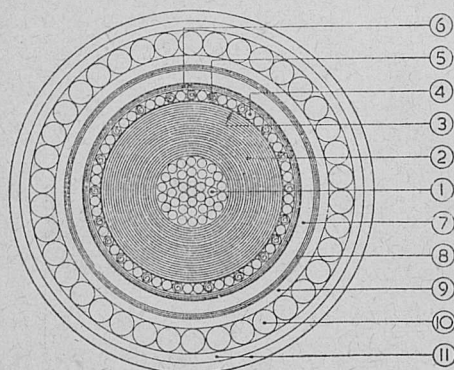
* Por. Kolbiński K. Kable najwyższych napięć (Prz. El., 1949, z. 4/5/6, str. 84).

ników membranowych [11]. W kablu użytym do ułożenia w morzu pancerz wykonano z drutów miedzianych, względnie — celem zmniejszenia ciężaru — ze stopu aluminium (2% magnezu, 0,25% chromu, wytrzymałość 22 do 26 kG/mm², wydłużenie 12 do 14%).

Na rys. 8 pokazana jest mufa przelotowa, a na rys. 9 złącze giętkie, które umożliwia łączenie szeregu odcinków fabrykacyjnych i nawinięcie ich razem na bęben pływający, a następnie ułożenie całego kabla jedną operacją.

Z bębna pływającego został ułożony przez Alssund kabel długości 12 km na $3 \times 150 \text{ mm}^2$ i napięcie 60—66 kV. Bęben pływający miał średnicę 4 m i długość 6,5 m. Ciężar kabla wynosił około 50 t, ciężar bębna około 83 t. Kabel nawinięty jest na środkowej części bębna celem zachowania lepszej równowagi. Bęben kablowy wraz z ciągnącym go statkiem podaje rys. 10.

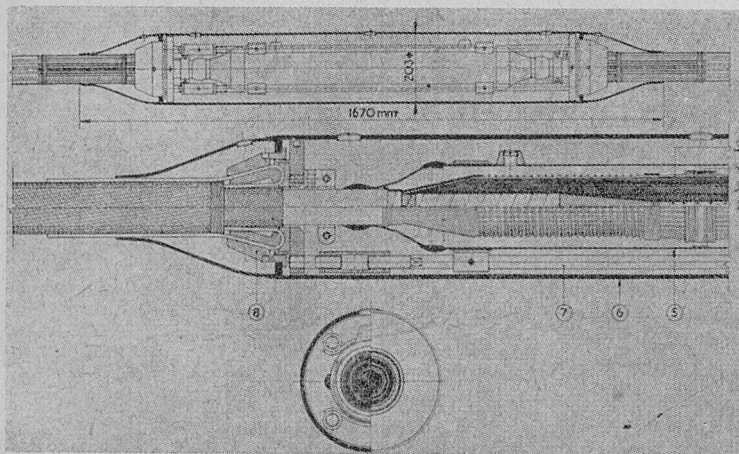
Przy układaniu kabla podmorskiego na 50 kV (moc przenoszenia 25 MW) w Holandii na wyspę Schouwer zdecydowano się na kable jednożyłowe ze względów gospodarczych i bezpieczeństwa [10]. Cztery kable jednożyłowe są tańsze niż dwa trójżyłowe w przypadku stosowania rezerwy w razie uszkodzeń np. zerwania kotwicy, a następnie kabel jednożyłowy można wykonać o większej długości, dzięki czemu oszczędza się na złączach.



Rys. 12. Przekrój kabla morskiego

- | | |
|-------------------------|------------------------------|
| 1 — żyła przewodząca | 6 — taśma miedziana i papier |
| 2 — izolacja papierowa | 7 — płaszcz ołowiany |
| 3 — papier metalizowany | 8 — papier |
| 4 — drut miedziany | 9 — juta |
| 5 — sznurek papierowy | 10 — drut stalowy |
| 11 — juta | |

Układanie kabli jednofazowych wymaga wzięcia pod uwagę strat, które powstają w tym przypadku w płaszczach ołowianych. Wielkość ich pokazano na rys. 11. Wykres jest wykonany dla przypadku, kiedy kable są ułożone w wierzchołkach trójkąta równobocznego. Z wykresu widać, że straty dodatkowe gwałtownie wzrastają, gdy



Rys. 13. Przekrój mufy złączowej

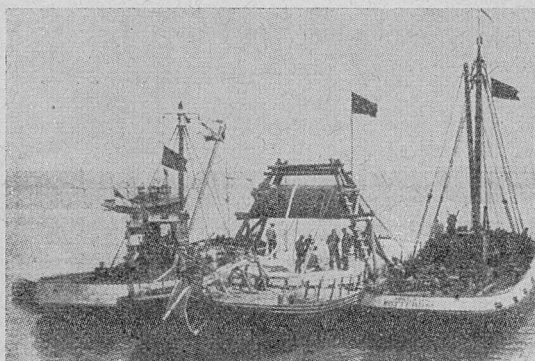
- | | | |
|------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| 1 — złączka | 4 — pierścień miedziany | 7 — ścięgna |
| 2 — izolacja papierowa | 5 — rura miedziana | 8 — pierścienie zaciskające |
| 3 — drut miedziany | 6 — kadłub stalowy | druty pancerza |

odległość między nimi wzrasta, i osiągają wartość 43% przy odległości 30 cm. Przy dalszym zwiększeniu odległości straty zbliżają się do 450%, co jest już niedopusz-

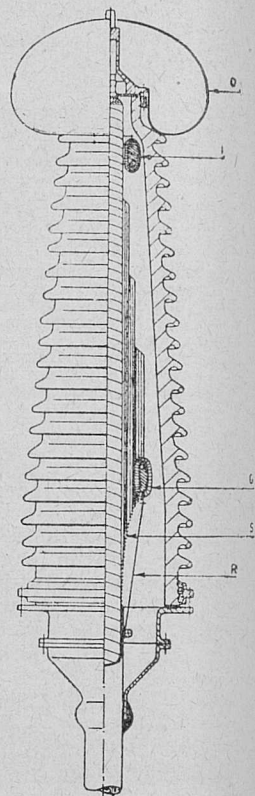
czalne. Z powyższych względów kable jednożyłowe muszą być układane w odległości 15 do 20 cm między osiami. W przypadku kabla podmorskiego tak bliskie ułożenie nie zabezpiecza pewności ruchu, gdyż w wypadku zaczepienia kotwicą jednego kabla będzie prawdopodobnie zaczepiony również kabel sąsiedni. W rzeczywistości kable ułożone są w odległości 450 m jeden od drugiego i prądy w płaszczu są duże.

Aby rozwiązać zagadnienie strat w płaszczu ołowianym zbudowano kabel jednożyłowy w ten sposób, że w środku znajduje się miedziana żyła przewodząca, a pod płaszczem ołowianym drugi przewód miedziany współosiowy z żyłą roboczą. Ten zewnętrzny przewód połączony jest elektrycznie z płaszczem kabla na obydwu końcach tj. tam, gdzie płaszcz i pancerze wszystkich kabli są połączone razem.

Jeżeli założymy, że odległość między osiami kabli jest tak duża, jak w przypadku kabla na wyspę Schouwer, wielkość prądu całkowitego w płaszczu i pancerzu będzie prawie równa wielkości prądu w żyłach przewodzących. Jedynym sposobem ograniczenia strat dodatkowych jest stworzenie możliwości odpływu o dostatecznej przewod-



Rys. 14. Układanie kabla
Krypa z kablem ciągnięta przez parowiec



Rys. 16. Mufa końcowa

- | |
|--|
| O — ekran zewnętrzny wysokiego napięcia |
| I — ekran wewnętrzny wysokiego napięcia |
| G — ekran do ziemi usuwający naprężenia elektryczne krańcowe |
| S — stożek metalowy |
| R — stożek wzmacniający |

ności dla prądów indukowanych. W ten sposób powstała konstrukcja kabla pokazana na rys. 12.

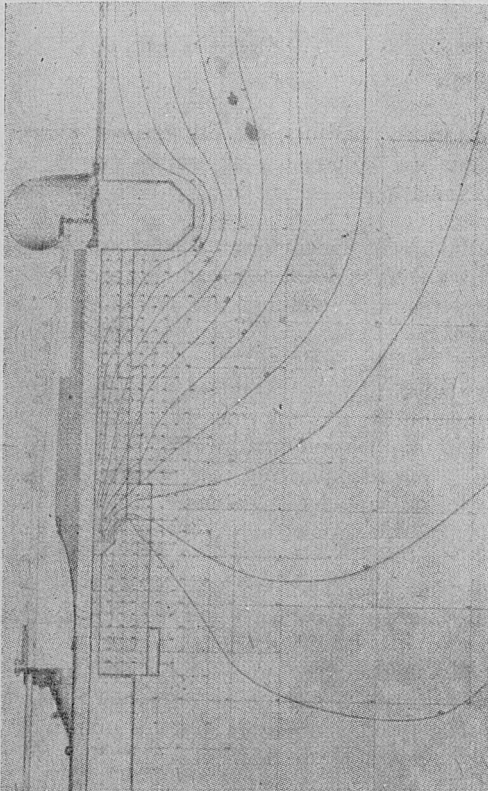


Rys. 15. Hamowanie kabla opuszczanego do wody

Przekrój żyły przewodzącej kabla (1) wynosi 120 mm² (moc przenoszona 25 000 kVA, prąd 285 A). Grubość izolacji z papieru nasyczonego jest 11 mm (2) przy najwięk-

szym naprężeniu 4,5 kV/mm. Izolacja pokryta jest ekranem z papieru metalizowanego dziurkowanego (3), na który nałożony jest drugi przewód koncentryczny o przekroju 120 mm² w ten sposób, że zamiast co trzeciego drutu miedzianego (4) dano sznurek papierowy (5) ze względu na niepotrzebnie duży przekrój w przypadku, gdyby cały obwód zajęły druty miedziane. Dalej nałożona jest taśma z twardej miedzi grubości 0,4 mm i kilka warstw papieru (6), a na tym płaszcz ołowiany o grubości ścianki 2,9 mm (7). Pancerz kabla składa się z drutów stalowych o średnicy 5 mm (10), nałożony na warstwę papieru (8) i juty (9). Na pancerzu są dwie warstwy juty (11).

Próby nagrzewania kabla przy obciążeniu roboczym na odcinku zakopanym w ziemi wykazały wzrost temperatury 23,6°C, a więc poniżej przepisane 25°C. Pomiar wielkości prądów w płaszczu i pancerzu dały wynik bliski prądowi obciążenia znamionowego, a mianowicie 282 A, przy czym w drugim przewodzie płynie 61%, w płaszczu ołowianym 15% i w pancerzu 24%. Współ-



Rys. 17. Linie pola elektrycznego dla mufy końcowej wyznaczonej metodą obliczeniową

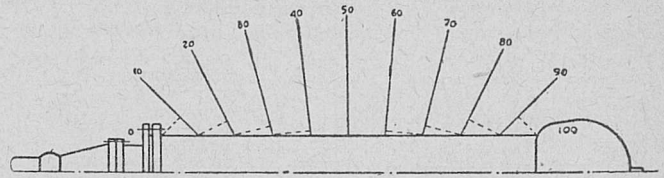
czynnik strat dielektrycznych nie przekracza 0,002 przy napięciach do 15 kV.

Kabel wykonano w odcinkach po 1425 m i na poszczególnych kablach zmontowano po trzy złącza (rys. 13). Kabel był układany z krypty o wymiarach 30 m × 7,5 m, którą ciągnął parowiec (rys. 14 i 15).

4. Mufy końcowe i łączne do kabli wysokiego napięcia.

Jednym z pierwszych rozwiązań muf końcowych jest kształtowanie pola elektrycznego przy pomocy ekranów, które są połączone z ziemią lub żyłą pod napięciem, a więc są na dwóch poziomach elektrycznych o ściśle określonych wartościach. Ekrany te mogą być umieszczone wewnątrz lub zewnątrz izolatora [5]. Na rys. 16 pokazano mufę końcową z trzema ekranami, poprawiającymi rozkład pola elektrycznego. Pierwszy ekran (G) wewnątrz izolatora jest zamocowany na przedłużeniu płaszcza ołowianego i ma kształt lejka, wykonanego z folii metalowej nawiniętej na pogrubioną izolację. Ekran ten jest zakończony pierścieniem i ma przede wszystkim na celu usunięcie naprężeń krawędziowych przez stworzenie jednorodnego pola elektrycznego. Ekrany górne — wewnątrz izolatora (I) i zewnątrz izolatora (O) — mają zadania podobne.

Znajomość kształtu pola elektrycznego pozwala na odpowiednie ukształtowanie ekranu tak, aby jego oddziaływanie dawało pole możliwie jednostajne. Jedną z metod określania kształtu pola jest metoda obliczeniowa. Przy-



Rys. 18. Schematyczny obraz linii jednakowego potencjału dla doskonałego liniowego rozkładu potencjału — stałe naprężenie podłużne

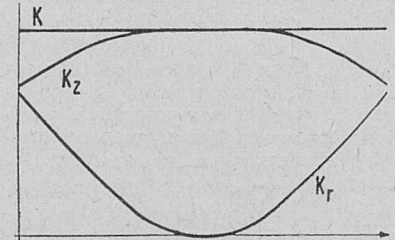
kład linii pola, wykreślonych tą metodą dla mufy końcowej napowietrznej, podaje rys. 17.

Najważniejszym warunkiem dobrego rozkładu pola elektrycznego jest to, by naprężenia dielektryczne styczne miały stałą wielkość wzdłuż zewnętrznej powierzchni izolatora.

Należy odróżniać dwa przypadki: 1) czynnikiem decydującym o wymiarach izolatora jest jego oporność powierzchniowa, 2) czynnikiem tym jest oporność skrośna dielektryku zewnątrz izolatora. Do pierwszego przypadku zaliczyć można mufy kablowe końcowe przyłączone bezpośrednio w transformatorze, gdzie często zawilgocenie lub zanieczyszczenie oleju osadzające się wzdłuż powierzchni izolatora może spowodować wyładowania. Do drugiego przypadku zaliczyć można np. mufy końcowe napowietrzne założone w okolicach, gdzie nie grozi osiadanie przewodzących pyłów lub osadów soli. Zasada stałych naprężeń na powierzchni może być stosowana tylko w przypadku pierwszym i to nie zawsze.

Na rys. 18 pokazano schematycznie przebieg linii pola o jednakowym potencjale odpowiadającym polu zewnętrznemu, w którym osiągnięto doskonały liniowy rozkład. Największe naprężenia występują na końcach izolatora, co jest spowodowane największymi składowymi naprężeniami promieniowymi w tych miejscach. W tym przypadku występują światlenia, które okształcają pole elektrostatyczne na końcach powierzchni izolatora i powodują przeskok przy napięciu niższym od odpowiadającego naprężenia przebicia podłużnego w powietrzu. Dzieje się to dlatego, że przeskok jest powodowany przez wartość największą naprężenia wypadkowego, a nie jego składowe. Należy więc dążyć do tego, aby otrzymać stały rozkład naprężeń wypadkowych K na powierzchni izolatora jak na rys. 19, a nie podłużnych K_z .

Naprężenia promieniowe muszą być zmniejszone do minimum, co znów nie pokrywa się z założeniem zmniejszenia

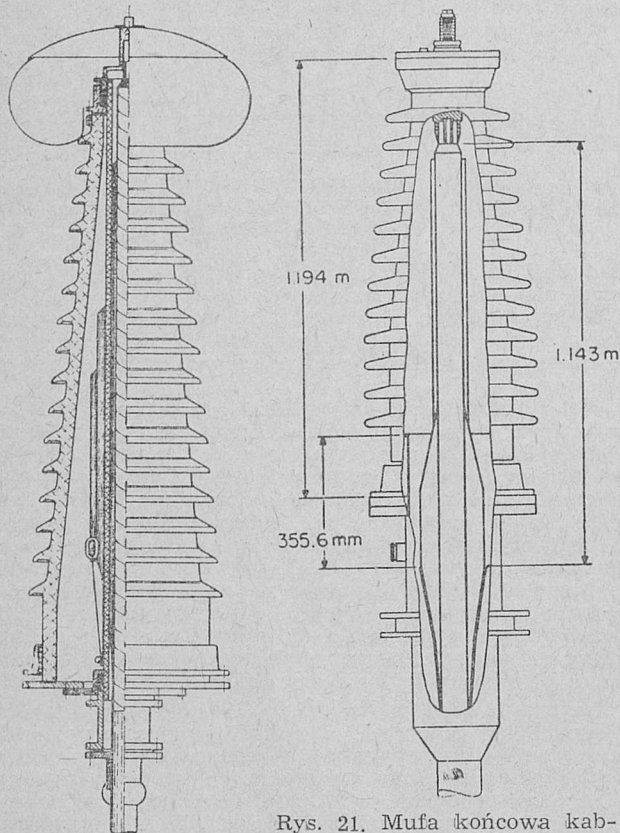


Rys. 19. Rozkład naprężeń wypadkowych na powierzchni izolatora

szczenia wymiarów w kierunku promienia. Wskutek tego im bardziej zmniejszone wymiary wzdłuż promienia, tym dłuższa jest mufa końcowa. Badania mufy końcowej napowietrznej w kablu olejowym niskiego ciśnienia na 180 kV o rozkładzie pola jak na rys. 24 dały następujące wyniki dla częstotliwości 42 Hz na sucho bez przeskoku: 4 godz. 400 kV, 4 godz. 425 kV, 5 godz. 450 kV; 1 min. 500 kV, 1 min. 550 kV. Przy 600 kV nastąpił przeskok w powietrzu. Na mokro izolator wytrzymał bez przeskoku 500 kV w ciągu 1 minuty. Próba falami uderowymi (1/50 μs) nie dała przeskoku przy 20 impulsach dodatnich i 20 ujemnych dla napięć 1300 kV. Taki sam izolator, w którym rozkład pola nie był dokładnie sprawdzony, dał przeskok przy 380 kV.

Rozwiązanie mufy końcowej z ekranem dla kabla olejowego o wysokim ciśnieniu oleju pokazane jest na rys. 20. Różni się ta mufa od mufy pokazanej na rys. 16 tym, że rura bakielitowa, która wytrzymuje ciśnienie oleju chroniąc od niego izolator porcelanowy, wsunięta jest dol-

ną częścią między nawinięcie papieru, na którym założony jest ekran. Na rys. 21 widzimy amerykańską mufę końcową, stosowaną do kabli olejowych na 132 kV [12]. Mufę końcową dla kabla na napięcie 66 kV pracującą od szeregu lat w sieciach francuskich pokazano na rys. 22 [4].



Rys. 20. Mufa końcowa do kabla olejowego wysokiego ciśnienia

Rys. 21. Mufa końcowa kabla olejowego na 132 kV

Dla kabli olejowych na 220 kV („Inter Paris“) rozwiązano budowę muf końcowych już w roku 1935 tak, że mogły one wytrzymać bez przeskołu między płaszczem ołowianym i żyłą napięcie probiercze 450 kV. Mufa końcowa tego typu pokazana na rys. 23 ma zwiększoną drogę przeskołu przez nałożenie dodatkowych nawinięć oraz stozek metalowy na końcu płaszcza poniżej dolnej krawędzi izolatora porcelanowego. Napięcie przeskołu dla tej mufy na sucho przy częstotliwości 50 c/s wynosi około 500 kV. Wadą tych muf jest ich duży koszt i wielka ilość zawartego w nich oleju (300 l) i te ich ujemne strony spowodowały poszukiwanie innego rozwiązania, a mianowicie zastosowania układu kondensatorowego. Zastosowanie w mufie końcowej kondensatorów zmniejsza jej wymiary — zarówno wysokość, jak i średnicę.

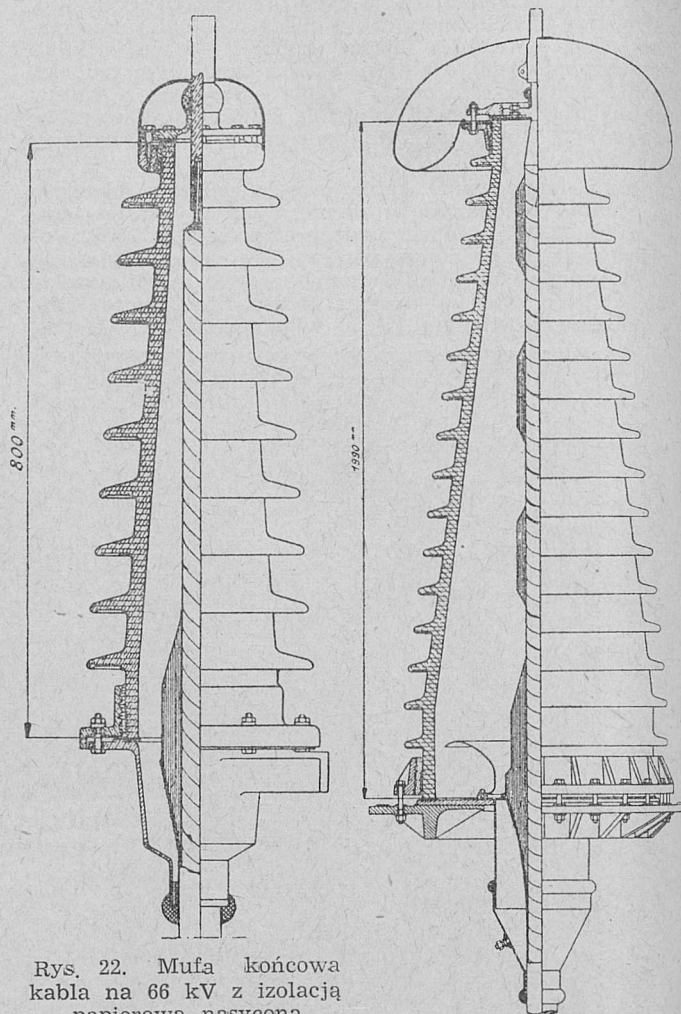
Mufy konstrukcji Cables de Lyon mają okładziny kondensatorów wykonane z folii aluminiowej grubości 0,05 mm oraz bardzo cienkiego papieru. Wymiary są obliczane, a naprężenie nie wywołujące przebicia wynosi 12 kV/mm. Na rys. 24 pokazany jest układ okładzin w mufie końcowej tego typu. W kablach pracujących pod wyższym ciśnieniem kondensator osłonięty jest rurą z papieru bekielizowanego, który ochrania przed ciśnieniem izolator porcelanowy.

Wymiary tych rur pozwalają na utrzymanie końcówki pod czterokrotnym napięciem $U/\sqrt{3}$ w ciągu kilku minut bez wyładowań do metalowej obsady izolatora. Również wytrzymują powyższe mufy napięcie probiercze $3,5 U/\sqrt{3}$.

Trudności z nawijaniem kondensatorów na miejscu montażu kabla spowodowały zastosowanie kondensatorów prefabrykowanych. Kondensatory nawija się na specjalnych maszynach, suszy w próżni i nasycza, po czym umieszcza się je w zbiornikach z olejem pod ciśnieniem. Dopasowanie średnicy wewnętrznej kondensatora do ze-

wewnętrznej średnicy izolacji kabla musi być bardzo dokładne i osiąga się przez dwiniecie lub odwiniecie taśm papierowych izolacji żyły.

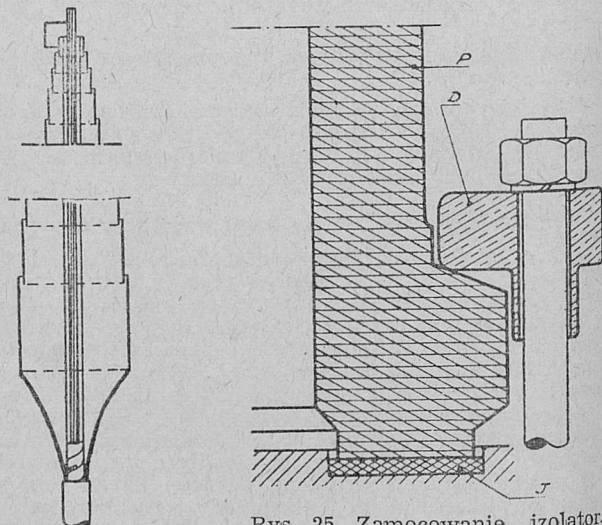
W związku z dużym ciśnieniem, pod którym mufy pracują w kablach wysokiego napięcia najnowszych typów,



Rys. 22. Mufa końcowa kabla na 66 kV z izolacją papierową nasyczoną

Rys. 23. Mufa końcowa kabla olejowego na 220 kV

stała się bardzo ważna sprawa ich szczelności oraz wytrzymałości na ciśnienie. Osadzanie izolatorów na cement zastąpiono osadzaniem mechanicznym. Części lane, które



Rys. 24. Układ okładzin kondensatora

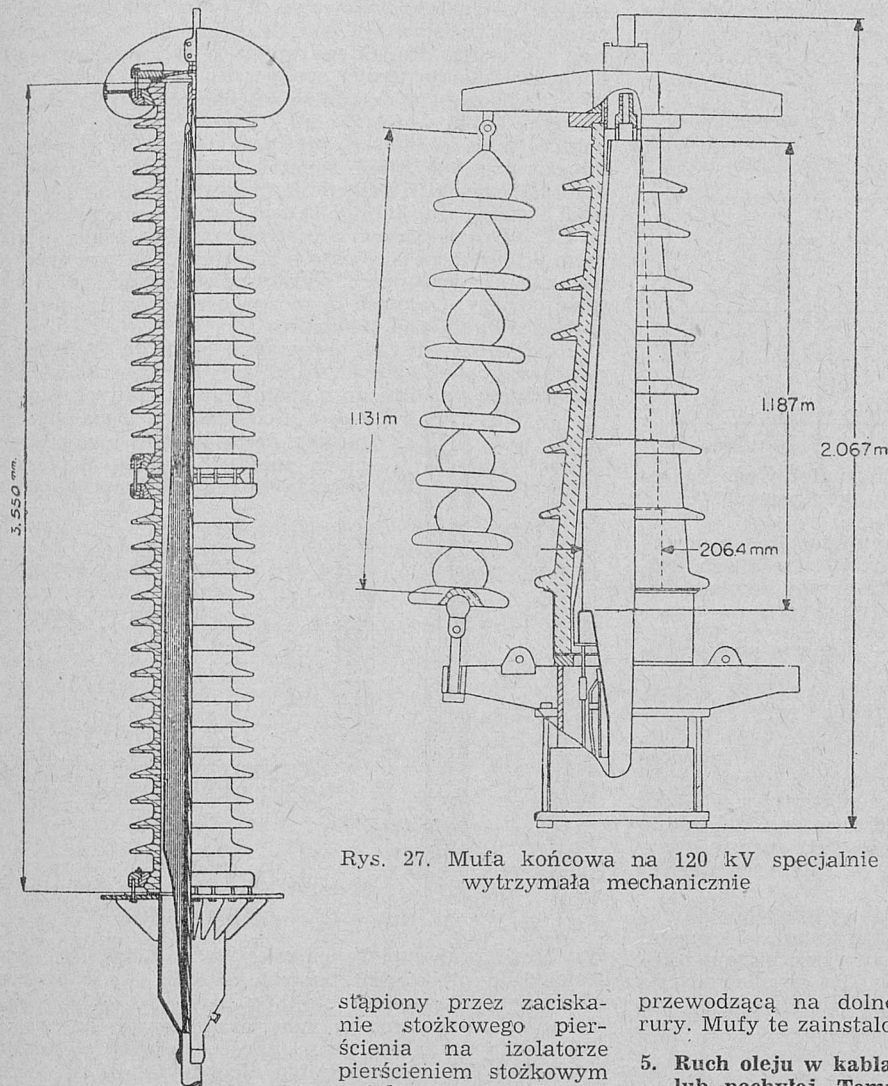
Rys. 25. Zamocowanie izolatora przy pomocy palców metalowych
P — porcelana D — palec metalowy I — podkładka

mogą być porowate, zastąpiono kutymi, walcowanymi lub tłoczonymi. Łączenie tych części odbywa się przez spawanie.

Umocowanie izolatorów sposobem mechanicznym pokazane jest na rys. 25. Sposób okazał się jednak niezbyt praktyczny ze względu na pękanie izolatorów i został za-

Ostatnio mufę o powyższej budowie zainstalowano na sieci specjalnie narażonej na wyładowania atmosferyczne.

Na rys. 28 pokazano mufę końcową równie wytrzymałą mechanicznie i zbudowaną dla tego samego typu kabli. W mufie tej na rozkład naprężeń krawędziowych wywiera wpływ wewnętrzna rura porcelanowa pokryta polewą pół-



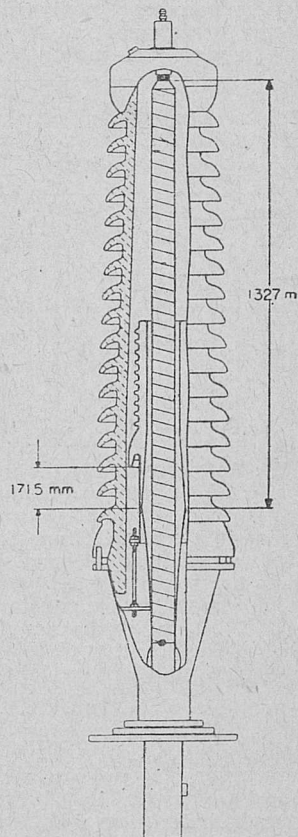
Rys. 26. Nowa mufa końcowa na 400 kV

umocowaniami izolatorów wytrzymałość mechaniczną pierścienia na izolatorze pierścieniem stożkowym metalowym z podłożoną pod niego podkładką elastyczną (rys. 26). Mufy końcowe z takimi za-

Trzecim rozwiązaniem sposobu poprawienia pola elektrycznego w mufach końcowych jest stosowanie izolatorów porcelanowych z polewą półprzewodzącą. Badania dokonane nad tymi izolatorami wykazały w nich szereg wad, a mianowicie, że oporność polewy zmienia się z czasem i w ogóle jest niewystarczająca w przypadku fal udarowych o stromym czole, kiedy występują bardzo nagłe zmiany napięcia. Również podczas długotrwałych przepięć powierzchnia porcelany nagrzewa się i ulega uszkodzeniu. Z powyższych względów mufy końcowe z izolatorami z polewą półprzewodzącą nie znajdują szerszego zastosowania.

Nowym rozwiązaniem ze specjalnym uwzględnieniem wytrzymałości mechanicznej jest mufa końcowa dla szeroko stosowanych w Ameryce kabli na 120 kV w rurach (oilo-static) i gazowych pokazane na rys. 27. W tej mufie mamy cztery łańcuchy izolatorów, które pracują na naprężenie podłużne i można ją wobec tego stosować w każdej linii, w której spodziewamy się takich naprężeń.

Rys. 27. Mufa końcowa na 120 kV specjalnie wytrzymała mechanicznie



Rys. 28. Mufa końcowa na 132 kV wytrzymała mechanicznie ze sterowaniem pola polewą półprzewodzącą

przewodzącą na dolnej powierzchni części zewnętrznej rury. Mufy te zainstalowano po raz pierwszy w roku 1950.

5. Ruch oleju w kablach pracujących w pozycji pionowej lub pochyłej. Temperatury kabli w eksploatacji.

Zagadnienie ruchu oleju w kablach montowanych pionowo istnieje od czasu wprowadzenia w sieciach kabli w izolacji papierowej nasyconej olejem.

Zjawiskiem najbardziej niekorzystnym dla każdego kabla jest, oczywiście, ściekanie oleju w dół, gdyż powoduje ono powstawanie miejsc pustych w izolacji górnej części kabla, osłabiając kabel pod względem wytrzymałości elektrycznej, zwłaszcza w kablach wysokiego napięcia (wcześniejsze występowanie jonizacji w miejscach pustych); równocześnie jednak ściekający w dół olej zwiększa ciśnienie w dolnej części kabla, szczególnie gdy następuje jeszcze zmiana jego objętości w temperaturze pracy kabla.

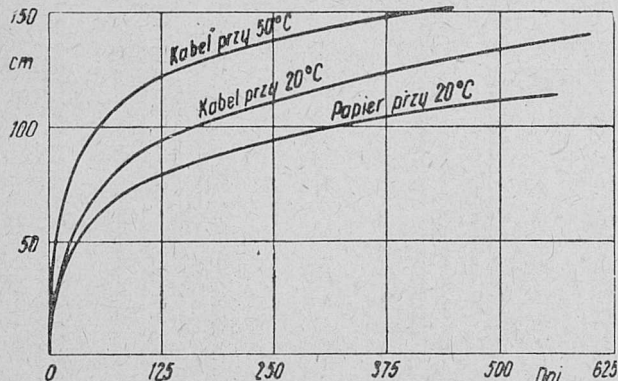
Badania w kierunku dokładnego określenia przebiegu powyższych zjawisk nie doprowadziły jeszcze do całkowitego wyjaśnienia sprawy. Słuszne jest może podejście od strony zbadania dyfuzji oleju w papierze, która po dłuższym czasie daje pewien stan ustalony, stanowiący granicę dla odwrotnego procesu ściekania oleju w dół pionowo zainstalowanego kabla [6].

Przy badaniach tych okazało się, że nawet po bardzo długim przeciągu czasu olej nie wypełnia całkowicie przestrzeni między włóknami papieru. Szybkość dyfuzji wzrasta przy wyższej temperaturze oraz luźnym skręceniu kabla.

Na rys. 29 podano wyniki badania nad dyfuzją dla dwu odcinków kabli, zawieszonych pionowo i zanurzonych dolnym końcem w oleju, a pozostających w różnych temperaturach, oraz dla taśmy papierowej. Średnica żyły

kabla była tu 13 mm, średnica izolacji 27,5 mm z papieru manilla 60% grubości 0,125 mm. Z wykresu widać mniejszą szybkość i mniejsze nasycenie olejem taśmy papierowej niż kabla, spowodowane zapewne tym, że w kablu pomagają do podnoszenia się poziomu oleju szczeliny między warstwami papieru.

Jak wspomniano nigdy nie następuje całkowite wypełnienie przestrzeni międzywłóknowej w papierze i nie można napisać zależności $h = at^n$, gdyż wykładnik n

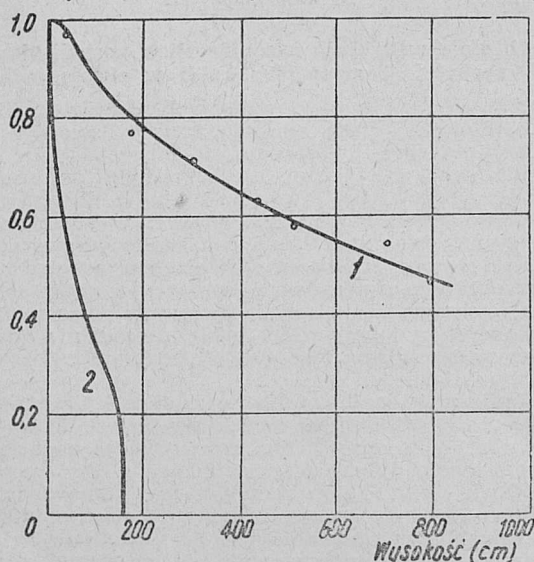


Rys. 29. Podnoszenie się oleju transformatorowego w izolacji papierowej kabla w funkcji czasu

zmienia się z czasem. Stwierdzono natomiast, że nie można uważać za podstawę ruchu oleju rurek włoskowatych, którymi są przestrzenie międzywłóknowe, wtedy bowiem według obliczenia przez podstawienie do wzoru na wysokość unoszenia $h = \frac{2\gamma}{\rho g r}$, gdzie γ — napięcie powierzchniowe (36 dyn/cm²), ρ — ciężar właściwy (0,91 g/cm³), g — przyspieszenie ziemskie i r — promień rurki (w przybliżeniu 0,001 cm), wysokość ta wyniosłaby około 80 cm, a więc mniej niż w rzeczywistości, po upływie bowiem półtora roku olej wznosił się na wysokość około 1,5 m.

W podnoszeniu się oleju bierze więc niewątpliwie udział powierzchnia papieru; jest to bardzo ważne dla kabli, w których powierzchnie taśm papierowych pozostają pokryte olejem mimo ściekania oleju w żyłę oraz między taśmami papierowymi.

Doświadczenia, wykonane z kablem jednożyłowym zawieszonym w kształcie litery U odwróconej, z końcami zanurzonymi w oleju, potwierdziły powyższe przypuszczenia (rys. 30). Kabel był w ciągu dwu lat nagrzewany do 90°C. Początkowo kabel wsysał bardzo dużo oleju ($\frac{2}{3}$ ca-



Rys. 30. Zawartość oleju w kablu zawieszonym w kształcie litery U na końcu zasysania (1)

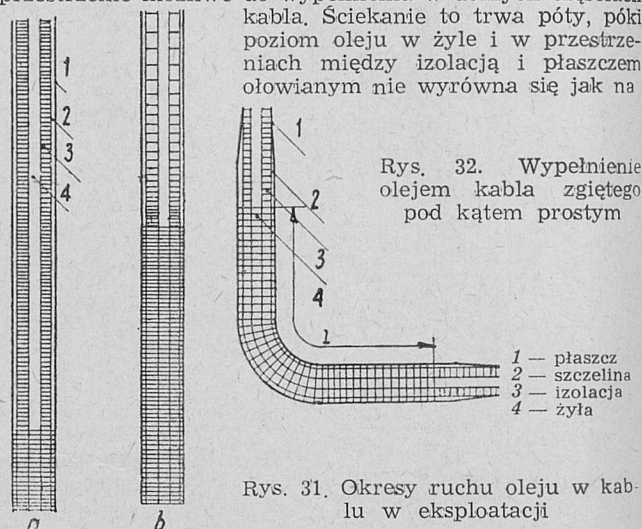
Zawartość oleju w kablu, zasysającym go w temperaturze 50°C, po 461 dniu (2)

łej ilości w ciągu 10 dni); po tym okresie żyła i przestrzeń między taśmami papieru opróżniały się, na co wskazywało zmniejszanie się szybkości zasysania i pomiary stratności.

Po dwu latach kabel pocięto na 13 odcinków i określono w nich zawartość oleju. Różnica zawartości oleju przy różnicy poziomu 8 m wynosi 47%. Na rys. 30 pokazano dla porównania krzywą, odpowiadającą zawartości oleju w kablu nagrzanym do 50°C. Można twierdzić, że ruch oleju w górę kończy się, gdy siły ciężarowe i siły włoskowate osiągają równowagę. Krzywa pokazana na rysunku jest podstawową charakterystyką dla kabli, ponieważ wskazuje, do jakiego stanu wypełnienia przez olej dochodzi izolacja papierowa po dłuższym czasie.

Przechodząc do zagadnienia ściekania w pionowo ustawionym kablu oleju w dół, musimy przede wszystkim ustalić, jakie objętości olej może wypełnić. Pierwszą są miejsca puste powstałe wskutek niedokładnego nasycenia; dla kabli wysokich napięć nie przekraczają one 0,1% objętości izolacji, dla kabli niskiego napięcia mogą dochodzić do 1,5%. Drugą stanowi przestrzeń między izolacją i płaszczem, który może się jeszcze rozszerzać do pewnych granic, określonych przez wytrzymałość pancerza i ściśłość odzieży. Objętość tę można oszacować na 5 do 20% objętości kabla pod płaszczem.

Ruch oleju odbywa się w dwu etapach. Pierwszy jest gwałtowny: olej ścieka wzdłuż żyły i wypełnia wszystkie przestrzenie możliwe do wypełnienia w dolnych częściach kabla. Ściekanie to trwa póty, póki poziom oleju w żyłach i w przestrzeniach między izolacją i płaszczem ołowianym nie wyrówna się jak na



Rys. 31. Okresy ruchu oleju w kablu w eksploatacji

rys. 31a. Drugi etap — powolny — to ściekanie oleju z izolacji do przestrzeni pustych w żyłach i pod płaszczem ołowianym. Zawartość oleju w papierze uклада się w stosunku do poziomu w żyłach jak pokazano na rys. 31b.

Pomiary wykazały, że prędkość ściekania oleju w papierze jest 1000 razy mniejsza niż w żyłach.

Ilość oleju ściekającego w jednostce czasu określić można w przybliżeniu ze wzoru

$$Q = \frac{A_s \cdot \rho \cdot g}{\eta \cdot X_s}$$

gdzie A_s — przekrój kanałów w żyłach, η — lepkość oleju, X_s — oporność przeciw ściekaniu. Q w rezultacie zależy od oporności na ściekanie żyły, a nie izolacji.

Wypełnianie przez olej dolnych części kabla w czasie jego ściekania powoduje wzrost ciśnienia, który w dużym stopniu jest niezależny od rozszerzalności cieplnej.

W przypadku rozgrzewania się kabla i oleju olej nie może się rozszerzać tylko w kierunku promieniowym, ale rozszerza się i w podłużnym. Jeżeli mamy do czynienia z kablem zgiętym pod kątem prostym jak na rys. 32, to olej ciśnię na ołów poniżej poziomu równowagi. Ciśnienie powstałe w zgięciu takiego kabla można wyrazić według wzoru

$$p = \frac{\eta z_0}{2} \cdot \frac{R}{A} \cdot \left(\frac{l}{2} + d \right)^2 - \rho g d$$

gdzie $d = \frac{\rho g A}{2\eta R z_0}$, z_0 — objętość oleju spływającego z jednostki długości kabla w chwili obciążenia, R — oporność przeciw ściekaniu, A — przekrój, przez który olej ścieka. Jeżeli l jest duże w stosunku do d , otrzymujemy

$$p = \frac{\eta z_0}{8} \cdot \frac{R}{A} \cdot l^2$$

Ze wzoru wynika, że ciśnienie jest proporcjonalne do kwadratu długości szczeliny między izolacją i płaszczem

ołowianym i osiąga największą wartość przy obciążeniu kabla, gdy lepkość oleju jest najmniejsza.

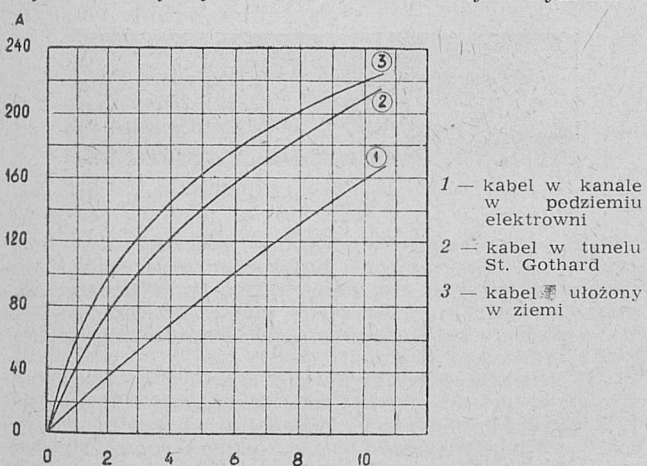
Dla dwu kabli — na 64,5 mm² i 660 V oraz 645 mm² i 33 kV otrzymano następujące wielkości:

	64,5 mm ² 660 V	645 mm ² 33 kV
1) Długość (w metrach) żyły, która opróżnia się z chwilą, kiedy szczelina pod ołowiem długości 30 m wypełni się całkowicie olejem	42,5	13,8
2) Czas (w godzinach) potrzebny do wypełnienia 30 m szczeliny pod ołowiem	19	3,5
3) Rzeczywisty czas (w okresach pełnego obciążenia) potrzebny do wypełnienia rozdziału ołowiu, powstałego w czasie poprzednich obciążeń	22	6
4) Ciśnienie największe (w kg/cm ²) odpowiadające cieplnej rozszerzalności w zagięciu kabla pionowego z przedłużeniem pionowym l = 30 m	1,3	1,0

Przy obliczaniu przyjęto założenia następujące: szczelina pod płaszczem 0,75 mm; lepkość $\eta = 100$ poisów dla zimnego kabla i 20 poisów dla obciążonego; $A_s = 0,23$ cm²,

$X = 7700$ jednostek CGS, $\frac{R}{A} = 6600$ jedn. CGS, $z_0 = 0,026 \cdot 64 \cdot 10^{-6}$ cm³/cm dla kabla o przekroju 64,5 mm² oraz $A_s = 2,6$ cm², $X_s = 4000$ jedn. CGS, $\frac{R}{A} = 710$ jedn.

CGS, $z_0 = 0,19 \cdot 64 \cdot 10^{-6}$ cm³/cm dla kabla o przekroju 645 mm². Ciśnienia odpowiadające rozszerzalności cieplnej nie różnią się bardzo dla kabli różnych wymiarów.



Rys. 33. Napięcie prądu w funkcji różnicy temperatur między żyłą i płaszczem

Aby otrzymać w punkcie zgięcia kabla ciśnienie bezwzględne, trzeba dodać ciśnienie hydrostatyczne równe 2,7 kg/cm² dla wysokości 30 m. Ciśnienie od rozszerzalności cieplnej w dużym stopniu zależy od wielkości szczeliny pod płaszczem; małe jej zmiany powodują bardzo znaczne różnice ciśnień proporcjonalnych do kwadratu długości tych szczelin.

Wartości ciśnienia, które w podanym przypadku nie są zbyt duże, mogą osiągać wartości nawet niebezpieczne dla płaszcza. Stosować wówczas należy złącza zaworowe lub specjalne konstrukcje.

Do konstrukcji specjalnych zaliczamy:

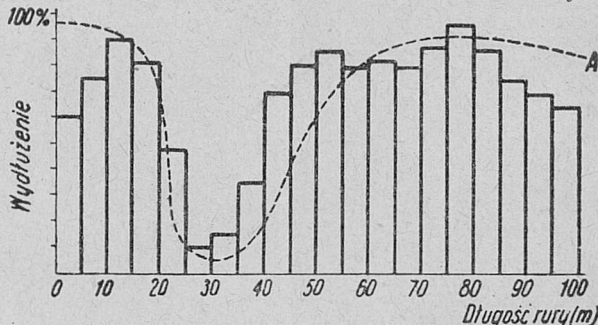
- kable nawijane na suchą żyłę taśmami uprzednio nasyconymi (używane do 22 kV);
- kable nawijane taśmami uprzednio nasyconymi z wypełnieniem przestrzeni między drutami w żyłach i warstwami izolacji woskiem specjalnym o punkcie topliwości 80°C;
- kable z izolacją z taśm papierowych bardzo cienkich;
- kable typu zbliżonego do „oilo-static“, gdzie szczelina między izolacją i płaszczem jest specjalnie powiększona (1,5–2,5 mm) i wypełniona olejem, przy czym stosuje się zbiorniki do nadmiaru oleju oraz wzmocniony pancierz (kable te mogą mieć cieńszą izolację).

Prowadzone już od szeregu lat obserwacje i pomiary kabli na linii St. Gothard w Szwajcarii uzupełniono ostatnio szeregiem nowych danych [3]. Kable te przewidziane

na trwałe obciążenie 250 A mają w rzeczywistości obciążenie nieco mniejsze. Ma to, oczywiście, wpływ na osiągnięte temperatury, jak widać z następującego zestawienia:

Punkt pomiarowy	Data	Prąd	$t_{\max}$	t	Δt
		(A)		(gleby)	
W kanale (Amsteg)	29. VII. 50	69	19,5	14,0	5,5
W ziemi (Amsteg)	23. VII. 50	76	18,2	16,6	1,6
W tunelu (Bristen)	28. VIII. 50	77	17,2	13,5	3,7
W ziemi (budka strażnicza 23)	22. VII. 50	82	24,0	21,4	2,6

Różnica temperatur między żyłą i płaszczem wynosi około 0,5°C. Stała czasu kabli w ziemi jest rzędu 1 godz. i nagle zmiany obciążenia około wartości średniej nie



Rys. 34. Badanie rury ołowianej, wytłoczonej na prasie hydraulicznej
Wydłużenie w kierunku średnicy do zerwania (w %)
A — wynik badania w próbkach
Obciążenie 10 kg/cm²

mają wpływu na grzanie. Różnice temperatur zimą i latem wynoszą najwyżej 16,8°C obok budki strażniczej 23.

Wykres na rys. 33 podaje wpływ sposobu ułożenia kabli na wzrost temperatury żyły roboczej.

Wpływ nasłonecznienia ma wielkie znaczenie dla temperatury kabli: w lipcu temperatura ta wynosi 43°C; w przypadku konieczności zwiększenia obciążenia w kablu należałoby go osłonić od działania słońca.

6. Kontrola surowców do produkcji kabli (badanie jakości ołowiu używanego na płaszcze kabli elektroenergetycznych).

Obecnie, kiedy wszystkie kable wysokiego napięcia, a często i średniego napięcia, ze względów ekonomicznych są budowane jako kable, w których ciśnienie wewnętrzne oleju czy gazu dochodzi do 20 kg/cm², wielką rolę dla pewności ruchu odgrywa szczelność powłoki ołowianej, a więc jakość ołowiu i staranność wyprasowywania płaszcza.

Powszechnie znane są ujemne właściwości ołowiu i jego stopów (płynność, rekrytalizacja itd.). Osobnym zagadnieniem jest pogorszenie jakości ołowiu wskutek zanieczyszczeń, które powodują nieszczelności podczas wyprasowywania płaszcza.

Płaszcze ołowiane wykonywa się obecnie na prasach bądź tłokowych, bądź o ruchu ciągłym (śrubowych). W obydwu przypadkach szybkości wykonania zależą od samej prasy i od wielkości rur wyprasowywanych. Wskutek powstawania jak gdyby żył metalu w czasie przechodzenia ołowiu przez poszczególne części prasy zanieczyszczenia początkowo skupione mogą rozciągnąć się na duże długości płaszcza ołowianego naprasowanego na kable.

Bardzo dobre wyniki przy badaniu jakości ołowiu daje metoda mikrograficzna [14].

Doświadczenie wykazuje, że tylko próby długotrwałe dają możliwość właściwego wykrywania usterek. Do wykonania prób można albo poddać ciśnieniu odcinki 4–5-metrowe wyprasowanych płaszczy albo wyciąć szereg próbek. Dla zwykłego czystego ołowiu obciążenie 10 do 20 kg/cm² wystarcza do wyraźnego stwierdzenia usterek.

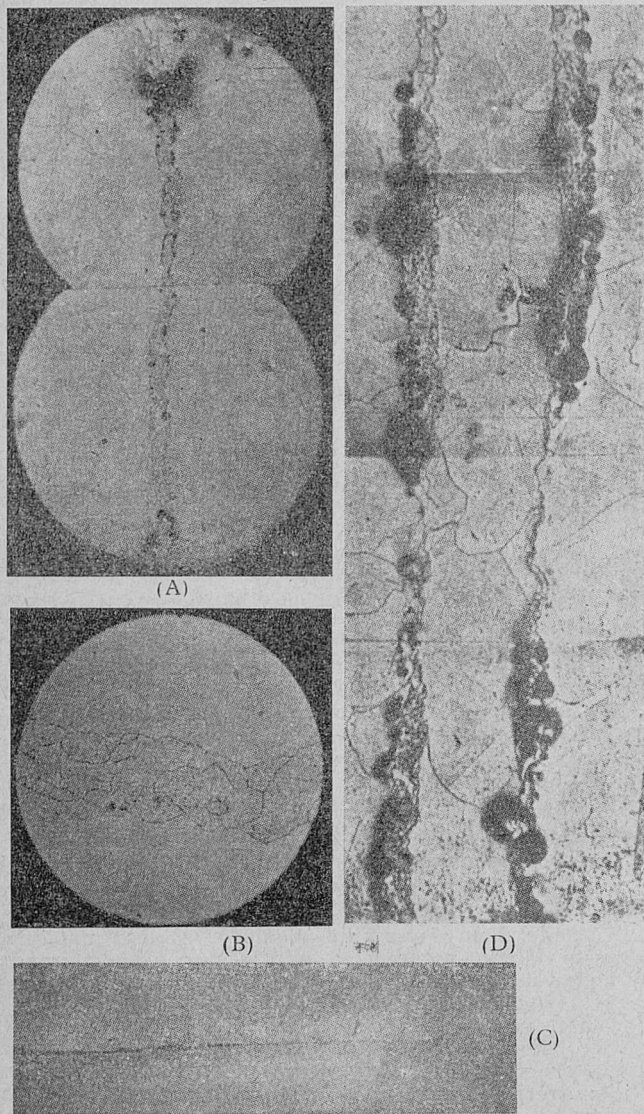
W przypadku stopów, kiedy wytrzymałość na płynięcie jest znacznie większa, obciążenie określa się tak, aby pęknięcie płaszcza nie nastąpiło przed upływem 1000 godzin.

Na rys. 34 pokazano wyniki prób na wytrzymałość rury o długości 100 m wyprasowywanej ze specjalnymi ostrożnościami na prasie hydraulicznej. Widać tu, że na pewnej długości rury jej wytrzymałość jest bardzo mała. Badanie mikrograficzne tego odcinka wykazuje promieniowe ułożenie zanieczyszczeń.

Rys. 35-C pokazuje pęknięcie płaszcza, w którym nie było żadnego powiększenia średnicy; na zdjęciu D po-

kazano przekrój poprzeczny płaszcza w pobliżu uszkodzenia. Należy podkreślić, że tego słabego obszaru na płaszczu nie można było wykryć przy pomocy prób krótkotrwałych (szybkie zrywanie przy większych obciążeniach).

Zasadniczo trudno jest dokładnie określić, jakie ci-



Rys. 35. Zanieczyszczenie płaszcza olejowanego (A); jego fragment w większej skali (B); C — pęknięcie płaszcza, które nie zwiększyło jego średnicy; D — przekrój poprzeczny w pobliżu C

śnienia będą działały na płaszcz olejowany; w czasie jego pracy trzeba się zawsze liczyć z rozszerzalnością cieplną oleju i dodatkowymi ciśnieniami wskutek spływania oleju. Zawsze może zdarzyć się, że po szeregu okresowych obciążeń kabla osiągnię się wartość graniczną wytrzymałości oleju.

W kablach pracujących pod ciśnieniem niezbędne jest dawanie odpowiedniego pancerza, co jednak nie wyklucza pęknięć oleju w przypadku jego złej jakości.

Najbardziej psują jakość oleju tlenki oleju — powietrze i nierozpuszczalne związki z innymi metalami. Zabezpieczenie przed powstawaniem tlenków polega na topieniu oleju w piecu bez dostępu powietrza i przelewaniu oleju bezpośrednio do prasy najkrótszą drogą osłoniętą przed dostępem powietrza. Zalecane są piece dużej pojemności, które dają zmniejszenie zanieczyszczeń.

Przygotowanie próbek do mikrografii musi się odbywać w sposób odpowiedni, aby powierzchnia oleju nie uległa odkształceniu. Stosuje się polerowanie mechaniczne i elektrolityczne. Na rys. 36 pokazano próbki płaszcza polerowane mechanicznie.

7. Warunki odbiorcze dla kabli wysokiego napięcia.

Badania kabli wysokiego napięcia odbywały się w sposób bardzo różnorodny, zwłaszcza jeżeli chodziło o wysokość napięcia probierczego. Komitet kablów Konferencji

Wielkich Sieci sporządził projekt warunków technicznych na kable dla napięć do 250 kV w płaszczu olejowanym w płynnej izolacji olejowej i w założeniu, że ciśnienie w nich nie przekracza 3 kG/cm² [13, 15].

Według projektu kabel wysokiego napięcia charakteryzują następujące dane: a) napięcie znamionowe w kV; b) przekrój znamionowy żyły, w mm²; c) najwyższa dopuszczalna temperatura żyły w czasie pracy, w °C; d) naprężenie największe w dielektryku, w V/mm; e) współczynnik strat dielektrycznych (tg δ); f) straty w linii przy najwyższej temperaturze roboczej, w W/km; g) pojemność żyła-ekran, w μ F/km; h) indukcyjność po ułożeniu, w mH/km i fazę; i) najniższe dopuszczalne ciśnienie oleju, w kG/cm²; j) szczegóły konstrukcyjne kabla.

Pomiar oporu żyły odbywa się prądem stałym, pomiar pojemności mostkiem prądu zmiennego (40—60 okr./sek.), przy czym wartości zmierzone dla poszczególnych odcinków nie powinny różnić się więcej niż o $\pm 5\%$ od wartości średniej z pomiarów dla wszystkich odcinków.

Współczynnik strat dielektrycznych tg δ mierzy się między żyłą a ekranem przy temperaturze 10 do 25°C na mostku Scheringa lub równoznacznym. Współczynnik ten nie powinien być większy przy napięciu znamionowym U od 0,005, a jego wzrost w granicach od 0,5 U do 2 U nie może przekraczać 0,0001 (podnoszenie napięcia o 0,2 U).

Napięcie probiercze zmienne (sinusoidalne) o częstotliwości 40—60 okr./sek., doprowadzane między żyłą i ekran przez 20 min. wynosi 2,5 U kilowoltów dla kabli do 70 kV i 2 U + 35 kilowoltów dla kabli powyżej 70 kV.

Próby typu wykonuje się tylko dla paru kabli z dostawy i do prób tych należą: próby na okresy cieplne, długo-

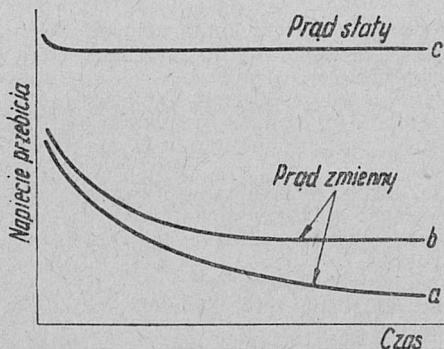


Rys. 36. Próbkę płaszcza

trwałe próby napięciowe, próby mechaniczne, próby grzania i strat, a następnie próby chemiczne odzieży, oleju oraz szereg prób specjalnych. Sposób wykonania niektórych z tych prób nie został jeszcze ustalony.

Po ułożeniu kabel powinien być badany napięciem stałym 4 U w ciągu 15 minut.

W projekcie powyższym, jak również w warunkach ustalonych przez Komisję Elektrotechniczną (CEI) w roku 1936, dla kabli na napięcie do 66 kV próba napięciowa wyrobu powinna odbywać się przy pomocy napięcia zmiennego. Tymczasem w roku 1949 opublikowano w Szwecji warunki, według których próbę napięciową wyrobu wy-



Rys. 37. Zależność między napięciem przebicia i czasem trwania próby dla papieru nasyczonego

konuje się prądem stałym. Uzasadnieniem tej zmiany jest pogląd, że próba wyrobu nie powinna w żadnym przypadku niszczyć nawet częściowo materiałów, z których kabel jest wykonany, a to często może się zdarzyć przy próbie napięciem zmiennym.

Napięcie zmienne może powodować przebicie kabla przy różnych wysokościach i w różnym czasie, a poza tym zależnie od rodzaju izolacji. Nie otrzymujemy tu jednoznacznych wartości w przeciwieństwie do prób przy napięciu stałym, jak widać z wykresu na rys. 37. W przypadku napięcia zmiennego olej w warstwach izolacji papierowo-olejowej jest naprężany silniej niż papier ze względu

na niższą stałą dielektryczną oleju i przy stosowanych napięciach jest przeważnie naprężany powyżej swego granicznego naprężenia krytycznego, wskutek czego powstaje rozkład oleju (gazy) i częściowe jego niszczenie. W ten sposób kabel badany napięciem zmiennym wychodzi z fabryki w stanie do pewnego stopnia uszkodzonym.

Próba strat dielektrycznych przy podwyższonych napięciach również nie jest celowa, gdyż daje wartości dla całości izolacji, nie wykrywając jej właściwych słabych punktów. Z wykresu wynika, że charakter krzywej dla



Rys. 38. Bezpośredni drenaż elektryczny
C — płaszcz kabla ochronnego

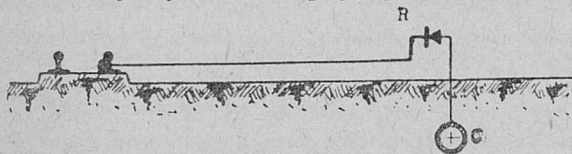
napięcia stałego pozwala na badanie kabli w ciągu długiego czasu napięciem o wysokości bliskiej napięciu przebiecia bez powodowania uszkodzeń izolacji. Dużym ułatwieniem w przypadku prądu stałego jest mała moc potrzebna do tej próby. Jako wysokość stałego napięcia probierczego proponuje się $E = 5 E_0 + 25$, gdzie E_0 jest napięciem fazowym w kV.

Co do próby typu, to ta powinna być tak wykonywana, żeby jej warunki zbliżały się do rzeczywistych warunków pracy, kiedy następują już zmiany w izolacji w polu elektrycznym przy jednoczesnym występowaniu jonizacji i grzania. Niewątpliwie warunkom tym odpowiada próba napięciem zmiennym, którego w tym przypadku nie można zastąpić napięciem stałym.

8. Ochrona kabli elektrycznych przed korozją.

Prace, trwające od szeregu lat nad ustaleniem środków ochronnych przeciw korozji chemicznej i elektrolitycznej, dały w wyniku wydane w roku 1952 przez Międzynarodowy Doradczy Komitet Telefoniczny (C. C. I. F.) zalecenia, dotyczące ochrony kabli ziemnych przed korozją.

Zalecenia te dotyczą dwu zasadniczych rodzajów korozji. Pierwszym jest korozja chemiczna, która występuje bez przepływów prądu między np. metalem płaszcza i środowiskiem otaczającym, albo raczej z przepływem prądu, lecz kiedy obszary anodowy i katodowy są tak blisko siebie położone, że prądy występujące nie mogą być zmierzone przy pomocy rozporządzalnych środków. Drugim rodzajem korozji jest korozja elektrolityczna, przy której przepływają prądy między oddalonymi od siebie obszarami anodowymi i katodowymi. Prądy te mogą być zmierzone; są to prądy błądzące z instalacji elektrycznych lub też prądy powstające wskutek



Rys. 39. Drenaż elektryczny polaryzowany
R — prostownik C — płaszcz kabla ochronnego

reakcji między np. płaszczem i stykającym się z nim środowiskiem otaczającym w punktach oddalonych od siebie.

Korozja chemiczna jest w rzeczywistości zjawiskiem elektrolitycznym i występuje przede wszystkim w przypadku stykania się metalu z czynnikiem korodującym, kiedy powstaje siła elektromotoryczna polaryzacji. Również niejednorodność w budowie metalu lub ośrodka otaczającego może być powodem powstawania miejscowych prądów.

Najogólniejszymi środkami ochrony kabli przed korozją chemiczną jest osuszanie tras kablowych, nakładanie ciągłej nieprzepuszczalnej odzieży na płaszcz ołowiany. Ostatnio wobec powszechnego braku ołowiu zaczęto stosować płaszcze do kabli z materiałów termoplastycznych, z których najodpowiedniejszym wydawał się polietylen. Jednak C. C. I. F. uznaje stosowanie polietylenu za niebezpieczne z powodu dyfuzji wody przez płaszcz, która po dłuższym czasie może zniszczyć kabel. Lepszym znacznie okazuje się cienki płaszcz ołowiany pokryty powłoką

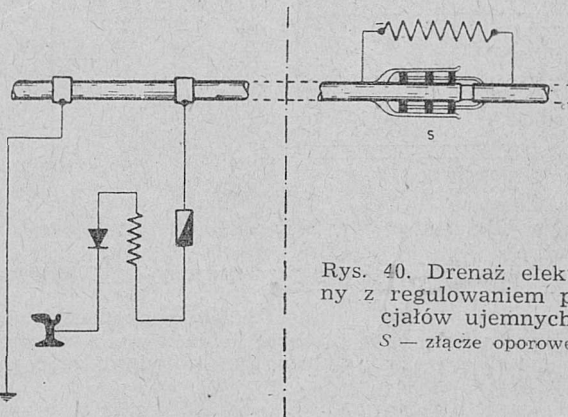
polietylenu lub polichlorku winylu, względnie powłoką gumową.

W przypadkach, gdy kable leżą w terenie bardziej suchym, jako wystarczająca osłona antykorozyjna służyć mogą szczelne owinięcia papierem nasyconym bitumami, asfaltami lub innymi produktami dystalacji ropy naftowej. Dobrą ochronę stanowią również pasty: wazelina z krzemianami sodu i parafinowe.

Nie należy zapominać przy układaniu kabli o silnym działaniu korodującym na ołów nie związanego jeszcze wilgotnego cementu.

W stosunku do korozji elektrolitycznej jednym z najważniejszych środków ochronnych jest zmniejszenie prądów błądzących, pochodzących przede wszystkim z urządzeń traktacji elektrycznej. Należy więc izolować od ziemi wszystkie drogi powrotu prądu (szyny i części metalowe) i wykonać je możliwie o jak najmniejszej oporności np. przez spawanie szyn, łączniki itd. Bardzo ważne jest tutaj określenie średniego spadku napięcia na jednostkę długości; we wskazaniach C. C. I. F. określono granicę średniej różnicy potencjałów między dowolnym punktem toru i podstawą tegoż toru dla szeregu przypadków.

Drugim sposobem ochrony kabli jest ochrona elektryczna oparta na zasadzie, że wszystkie urządzenia metalowe w ziemi (żelazo, miedź, ołów z wyjątkiem aluminium i jego stopów) są zabezpieczone przed korozją, jeżeli mają dostateczny potencjał ujemny w stosunku do otoczenia. W tym celu należy w otoczeniu wytworzyć pole, w którym ciągle przepływają prądy ochronne, skierowane do ochraniającej kanalizacji lub płaszcza kabla przez wszystkie punkty zetknięcia z ośrodkiem otaczającym. Przepływają one następnie wzdłuż płaszcza i zbierane są w określonych punktach przez połączenie metalowe, po czym odpływają



Rys. 40. Drenaż elektryczny z regulowaniem potencjałów ujemnych
S — złącze oporowe

do ośrodka za pośrednictwem anod zakopanych lub zatopionych, albo też szyn toru pracującego jako anoda.

W przypadku elektrod odniesienia z siarczanu miedzi potencjał w stosunku do ochraniającego metalu wynosi 0,55 V dla ołowiu i 0,85 V dla materiałów żelazistych.

Jako przykłady wykonania ochrony elektrycznej można wskazać różne układy.

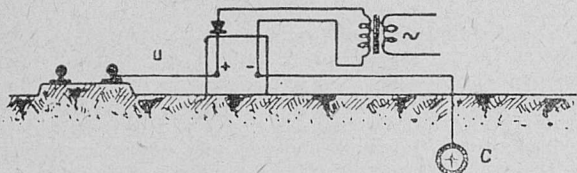
Bezpośredni drenaż elektryczny jest pokazany na rys. 38. Połączenie to może być wykonane tylko wtedy, jeżeli istnieje pewność, że szyna ma zawsze potencjał ujemny w stosunku do ziemi lub obranego punktu.

Drenaż elektryczny polaryzowany zabezpiecza przepływ prądu w jednym kierunku przez zastosowanie prostownika lub zwieracza sterowanego, polaryzowanego przełącznikiem jak na rys. 39.

Drenaż elektryczny z regulowaniem potencjałów ujemnych polega na regulowaniu prądów płynących w kanalizacji lub płaszczech kabli. Osiąga się to przez umieszczenie w połączeniach drenujących właściwych oporów i wykonanie połączeń np. płaszczy ołowianych przy pomocy złącz oporowych (złącza bocznikowane oporami). W ten sposób osiąga się potencjały na poszczególnych odcinkach takiej wysokości, że instalacja jest zabezpieczona od korozji. Ten sposób zabezpieczenia (rys. 40) wymaga dobrego zbadania warunków elektrycznych i dobrego nadzoru w czasie pracy przez wykonywanie ciągłych pomiarów.

Śsanie elektryczne (drenaż przymusowy) polega na połączeniu ochraniającego przed korozją płaszcza ołowianego z ujemnym zaciskiem generatora prądu stałego, którego zacisk dodatni jest połączony z szynami

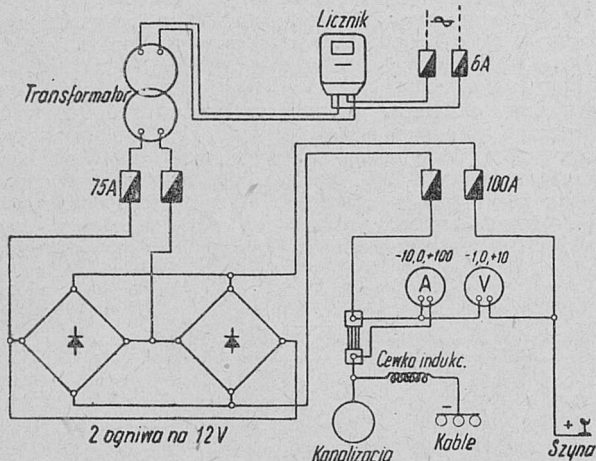
trakcji elektrycznej. Układ ten działa nawet wówczas, gdy początkowo potencjał szyn jest wyższy od potencjału płaszcza chronionego kabla. Siła elektromotoryczna generatora jest połączona równolegle z siłą elektromotoryczną, pochodzącą z różnicy potencjałów, jak to widzimy na rys. 41. W układzie tym mogą być zastosowane prostowniki



Rys. 41. Ssanie elektryczne

u — prostownik C — płaszcz kabla ochronnego

ki selenowe albo cewki indukcyjne w szereg z prostownikami w obwodzie wtórnym transformatora, zasilającym prostowniki jak na rys. 42. W obwodzie drenującym prze-



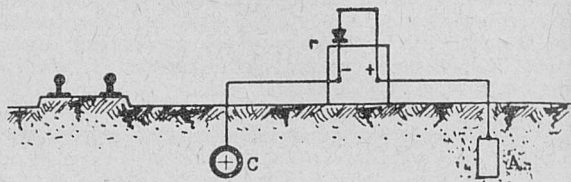
Rys. 42. Schemat obwodów ssania elektrycznego

widziano dławik dodatkowy przeznaczony do filtrowania prądów pojemnościowych.

Ochrona katodowa z anodą zakopaną w ziemi. Mamy tu połączenie płaszcza kabla z ujemnym zaciskiem generatora prądu stałego. Zacisk dodatni generato-

ra jest połączony z masą metalową, która służy jako anoda (rys. 43). Skuteczność tej ochrony rozciąga się również na korozję chemiczną. Wymagany jest tu bardzo mały opór anody (najwyżej 1 Ω).

Należy pamiętać, że przy każdym systemie ochrony przeciwkorozyjnej — jeżeli mamy większą liczbę kabli



Rys. 43. Ochrona katodowa

r — prostownik C — płaszcz kabla ochronnego An — anoda

leżących równolegle na większej długości w terenie, w którym płyną prądy błądzące pochodzenia trakcyjnego — zabezpieczenie musi obejmować wszystkie kable.

SPIS REFERATÓW

- [1] Sutton C. T. W. Le câble à pression (ref. 202).
- [2] Hansson B., Bjurström B., Johansson R., Axelsson G. Une installation de câble 380 kV en Suède (ref. 205).
- [3] Foret E. Le contrôle de la température des câbles sous plomb en exploitation (ref. 208).
- [4] Domenach L. Évolution de la technique des boîtes d'extrémité des câbles à très haute tension (ref. 211).
- [5] Gazzana Priaroglia P. L'emploi des „déflecteurs de champ” aux extrémités étanches de câbles à t. h. t. (ref. 212).
- [6] Klein N. Drainage d'huile dans les câbles à isolement solide installés en pente (ref. 213).
- [7] Bartholomew L. J. Interconnexion de l'île de Wight avec le réseau principal de transmission d'énergie de l'Administration britannique de l'électricité, par les câbles sous-marins à 33 kV (ref. 218).
- [8] Hatcher C. T. Le comportement des câbles à remplissage gazeux à basse pression dans les conditions de service (ref. 219).
- [9] Bakker G. J. Th. Rapport du Comité d'études des câbles à haute tension (ref. 220).
- [10] Michielsen T., Proos C. F., de Zoeten G. Transversée d'un estuaire de 5,7 km de large par un câble monophasé à 50 kV (ref. 221).
- [11] Möllerhøj J. Le développement des câbles sous-marins du type plat à haute tension (ref. 225).
- [12] Komives L. I. Joints et bornes pour câbles de haute tension (ref. 226).
- [13] Nordell R. Essais de contrôle sous tension continue pour câbles et condensateurs de puissance (ref. 230).
- [14] Christmann M. J. F. Contrôle de la qualité des gaines de plomb des câbles de puissance (ref. 231).
- [15] Soleri E. La protection des câbles souterrains contre la corrosion (ref. 232).

ZB. WOYNAROWSKI
Śląsk. Zakł. Apar. Nisk. Nap.

Łączniki niskonapięciowe

621.316.54.027.2(083.74)

Treść. Po krótkim omówieniu charakterystycznych cech łączników niskonapięciowych przeprowadzono próbę typizacji poszczególnych ich rodzajów w celu uzyskania wytycznych do uzupełnienia niezbędnego asortymentu produkowanych aparatów.

Выключатели низкого напряжения. Рассмотрев вкратце характерные особенности выключателей низкого напряжения, автор предлагает типизацию их разновидностей с целью получить предложения относительно пополнения ассортимента изготовляемых аппаратов.

Low-tension switches. The author attempts, after brief reference to the characteristic features of low-tension switches, to determine the individual switch types, so as to establish a proper basis on which the range of apparatus produced could be supplemented.

1. Wstęp.

Łączniki niskonapięciowe spotyka się w bardzo dużych ilościach w urządzeniach przemysłowych i bytowych, gdzie służą one do kierowania energii elektrycznej od źródła prądu do odbiornika. Właściwy dobór łączników decyduje w znacznym stopniu o sprawności, pewności ruchu i wskaźnikach ekonomicznych instalacji i urządzeń.

Celem niniejszego artykułu jest krótka analiza charakterystycznych cech konstrukcyjnych poszczególnych odmian łączników i poddanie pod dyskusję wytycznych do uzupełnienia asortymentu aparatów produkowanych przez przemysł krajowy.

2. Uwagi ogólne.

Łącznik jest prawidłowo dobrany, jeżeli jego cechy konstrukcyjne i wielkości charakterystyczne odpowiadają danym znamionowym sieci oraz warunkom ruchu urządzeń, które są przezeń obsługiwane.

Dane znamionowe sieci określają rodzaj prądu, napięcie robocze i wartość największe-

go przewidywanego prądu zwarciego, który może wystąpić w miejscu zainstalowania łącznika. Powoduje to następujący podział: łączniki na prąd stały, łączniki na prąd zmienny oraz łączniki uniwersalne, pracujące prawidłowo zarówno przy prądzie stałym jak i przy prądzie zmiennym. Do grupy łączników niskonapięciowych zalicza się łączniki na napięcie znamionowe do 1000 V przy prądzie zmiennym i do 3000 V przy prądzie stałym. Rozróżnia się w tym łączniki na napięcie znamionowe do 250 V dla urządzeń bytowych i łączniki na napięcie znamionowe 500 V i wyższe dla urządzeń przemysłowych. Licząc się z nieuniknionym podwyższeniem normalnych napięć przemysłowych, powinniśmy wszystkie nowobudowane łączniki przemysłowe już przystosowywać do napięcia roboczego 1000 V.

Rodzaj konstrukcji i wielkość łącznika należy tak dobrać, żeby jego zwarciova zdolność załączania i wyłączania, a także wytrzymałość dynamiczna i termiczna odpowiadały warunkom zwarciovym sieci, występującym w miejscu zainstalowania aparatu.

Dane znamionowe obsługiwanego przez łącznik urządzenia i jego warunki ruchu wpływają na wybór typu konstrukcyjnego łącznika, jego obciążalności znamionowej, dopuszczalnej częstości łączeń, załączalności i wyłączalności roboczej, rodzaju samoczynnych urządzeń zabezpieczających, ilości i rodzaju wyposażenia, rodzaju osłon, wreszcie spełnienia wymagań określonych specjalnymi przepisami.

W zależności od charakteru pracy można podzielić łączniki na dwie zasadnicze grupy:

Łączniki rozdzielcze, przeznaczone do pracy w urządzeniach rozdzielnicy energii elektrycznej,

Łączniki nastawcze, służące do kierowania pracą odbiorników energii elektrycznej.

Zwykłym trybem pracy łączników rozdzielczych jest długotrwały stan załączenia, przy czym częstość łączeń może wynosić od kilku łączeń na rok do kilku łączeń na dobę. Obciążenie jest zwykle przy tym zmienne w okresach dobowych, z przewlekłymi szczytami. Szczyty te w przypadkach skrajnych mogą osiągać wartość obciążalności lub przeciążalności znamionowej przyrządu. Charakterystycznym założeniem konstrukcyjnym tego typu łączników jest dążność do trwałego zachowania możliwie małej oporności toru prądu głównego. Spotyka się tu styki srebrne i srebrzone połączenia stykowe.

Tryb pracy łączników nastawczych charakteryzuje się znaczną częstością łączeń, wynoszącą od kilku łączeń na dobę do kilkuset, a nawet niekiedy do kilku tysięcy łączeń na godzinę. Stan załączenia nie trwa zwykle zbyt długo, a rzuty prądu przy czynnościach łączeniowych są charakterystyczne dla obciążenia przyrządu. Od łączników tego typu wymaga się dużej trwałości mechanicznej, a przede wszystkim dużej trwałości styków, wynoszącej zależnie od rodzaju łączników od 100 000 do 10 000 000 łączeń. Użytkuje się do tego stosowanie masywnych styków miedzianych, które często uzupełnia się nakładkami stykowymi ze spieków wykonywanych z mieszaniny srebra, wolframu, molibdenu, tlenku kadmu i innych składników.

Obciążalność znamionowa — prąd znamionowy — jest to wartość prądu, przy której łącznik w określonych warunkach pracy osiąga krańcowe temperatury dopuszczalne. Dla niektórych rodzajów łączników nastawczych obciążalność znamionowa dotyczy tylko zacisków przyłączowych, szyn i styków. Natomiast charak-

terystyczną cechą samego łącznika jest jego zdolność łączenia.

Na zdolność łączenia (załączalność) składa się zdolność załączania (załączalność) i zdolność wyłączania (wyłączalność). Obie wielkości określa się umownie taką wartością prądu — przy danym napięciu roboczym, danej częstości łączeń, danym współczynniku mocy lub danej stałej czasowej obwodu — która przy wykonywaniu odnośnej czynności łączeniowej nie powoduje w tych warunkach doraźnego uszkodzenia łącznika. Robocza zdolność załączania i wyłączania dotyczy prądów roboczych (I_r), a więc uwzględnia przemijające rzuty prądu i napięcia, występujące przy włączaniu i wyłączaniu odbiorników. Tak np. przy rozruchu silników indukcyjnych klatkowych załączalność i wyłączalność robocza powinna wynosić 4 do 10 I_n silnika. Wyłączalność i załączalność zwarcio-owa obejmuje prądy od 10- do 60-krotnej wartości prądu znamionowego. Należy przy tym wyodrębnić pojęcie wyłączalności zwarciowej granicznej, tj. najwyższej wartości prądu zwarciowego, którą można przerwać łącznikiem przy danym napięciu sieci bez względu na to, jaki będzie stan łącznika po tej operacji.

Łączniki o charakterze rozdzielczym, których zadaniem jest wytworzenie w obwodzie przepisowej przerwy izolacyjnej, nazywamy odłącznikami. Są one przeznaczone do wykonywania łączeń bez obciążenia, toteż ich zdolność łączenia może stanowić tylko niewielki ułamek obciążalności aparatu. Do określenia odłącznika wystarcza więc jego napięcie znamionowe i jego obciążalność. Wszystkie inne łączniki o zdolności łączenia zbliżonej i przekraczającej obciążalność znamionową należą do kategorii wyłączników.

Przełączniki są to łączniki o więcej niż dwóch położeniach spoczynkowych. Mogą one mieć charakter odłączników i wyłączników. Wielostopniowe przełączniki używane do częstego rozruchu i regulacji prędkości obrotowej silników nazywamy nastawnikami.

Poszczególne odmiany łączników mogą być uruchamiane ręcznie, mechanicznie lub zdalnie napędem elektromagnesowym, pneumatycznym, silnikowym lub zasobnikowym. Łączniki uruchamiane zdalnie przy pomocy innej energii niż siła mięśni ludzkich nazywamy łącznikami sterowanymi.

Tablica I. Przegląd łączników niskonapięciowych¹⁾

Rodzaje łączników i ich cechy konstrukcyjne	Zastosowanie jako przyrząd		Zdolność		Zwykła częstość łączeń	Stosowane napędy						
	roz- dziel- czy	na- staw- czy	złą- czania	wyłą- czania		ręczny	mecha- niczny	elektro- magnet.	pneuma- tyczny	silni- kowy	zasob- nikowy	
ODŁĄCZNIKI: wtykowe nożowe dociskowe	● ● ●		$\ll I_n$ $\ll I_n$ $\ll I_n$	$\ll I_n$ $\ll I_n$ $\ll I_n$	} sporadycznie	● ● ●						
WYŁĄCZNIKI: dźwawkowe nożowe dźwawkowe dociskowe pokrętne płytkowe pokrętne walcowe zapadkowe stycznikowe	● ● ● ● ● ●	● ● ● ● ● ●	$\ll I_r$ $\ll I_r$ $\ll I_r$ $\ll I_r$ $\ll I_r$ $\ll I_r$	$\ll I_n$ $\ll I_n$ $\ll I_n$ $\ll I_n$ $\ll I_z$ I_r	} do kilkudziesięciu na dobę do kilkunastu na godzinę do kilkudziesięciu na godzinę do kilkudziesięciu na dobę do kilkuset — kilku tysięcy na godzinę	● ● ● ● ● ●	● ● ● ● ● ●	● ● ● ● ● ●	● ● ● ● ● ●	● ● ● ● ● ●	● ● ● ● ● ●	● ● ● ● ● ●
PRZEŁĄCZNIKI: wtykowe dźwawkowe nożowe dźwawkowe dociskowe pokrętne płaskie pokrętne płytkowe pokrętne walcowe pokrętne stycznikowe krzywkowe	● ● ● ● ● ● ● ●	● ● ● ● ● ● ● ●	$\ll I_n$ $\ll I_n$ $\ll I_n$ $\ll I_n$ $\ll I_r$ $\ll I_r$ $\ll I_r$ I_r	$\ll I_n$ $\ll I_n$ $\ll I_n$ $\ll I_n$ I_r I_r I_r I_r	} sporadycznie do kilkunastu na dobę do kilkunastu na godzinę do kilkunastu na godzinę do kilkunastu na godzinę	● ● ● ● ● ● ● ●	● ● ● ● ● ● ● ●	● ● ● ● ● ● ● ●	● ● ● ● ● ● ● ●	● ● ● ● ● ● ● ●	● ● ● ● ● ● ● ●	● ● ● ● ● ● ● ●
BEZPIECZNIKI TOPIKOWE	●		0	I_z	—							

¹⁾ Piasecki J. Urządzenia elektryczne niskiego napięcia. Politechnika Gdańska, 1952

3. Przegląd łączników.

Poszczególne odmiany konstrukcyjne można uszeregować w tablicę, ujmującą ich charakterystyczne cechy konstrukcyjne, typowe zastosowania, załączalność i wyłączalność, częstość łączeń i rodzaje spotykanych napięć (tabl. I).

W obrębie każdego rodzaju łączników mieszczą się zwykle przyrządy na różne napięcia znamionowe, różne obciążalności, a także o różnych zdolnościach łączenia.

Tablica II. Szereg R 10 liczb normalnych (liczby zaokrąglone)

10	12,5	16	20	25	32	40	50	63	80
100	125	160	200	250	320	400	500	630	800
1000	1250	1600	2000	2500	3200	4000	5000	6300	8000

Grubym drukiem podano najczęściej spotykane wartości prądów znamionowych.

Wartości prądów znamionowych stopniuje się według szeregu liczb normalnych o wykładniku $\sqrt[10]{10}$. W obrębie szeregu są pewne wartości uprzywilejowane w konstrukcjach łączników (tabl. II).

4. Krótki przegląd poszczególnych grup łączników.

a) Łączniki wtykowe. Należą one do wyposażenia przenośnych odbiorników energii elektrycznej i zaliczane są w zasadzie do sprzętu instalacyjnego. Jednakże wykonania przemysłowe, zwłaszcza na większe wartości prądów znamionowych, są urządzeniami budowanymi często przez fabryki łączników niskonapięciowych.

Łączniki wtykowe składają się z gniazda łączzonego ze źródłem prądu i wtyku łączonego z odbiornikiem. Dzieli się one na 3 grupy:

- 1) łączniki wtykowe przylączkowe (gniazdo nieruchome — wtyk ruchomy),
- 2) łączniki wtykowe sprzęgowe (gniazdo ruchome — wtyk ruchomy),
- 3) łączniki wtykowe przyrządowe (gniazdo ruchome — wtyk nieruchomy).

Łączniki wtykowe są szczególnie narażone na złe obchodzenie się i niekorzystne warunki pracy. Wymagają one pełnej normalizacji dla zapewnienia wzajemnej za-

Tablica III. Łączniki wtykowe

Rodzaj	Napięcie znamionowe (V)	Obciążalność (A)	Liczba biegunów	Wykonanie
Przylączkowe	500	10, 25	2, 3, 4	strugoszczelne morskie
		25, 60, 100	2, 3, 4	uszczelnione
		200	4, 4 + 8	przeciwwybuchowe kopalniane
	1000	60, 100	4	uszczelnione
Sprzęgowe	500	25, 60, 100	2, 3, 4	uszczelnione
		200	4, 4 + 8	przeciwwybuchowe kopalniane
		60, 100	4	uszczelnione
	1000	60, 100	4	uszczelnione
Przyrządowe	500	25, 60, 100	2, 3, 4	uszczelnione
		200	4, 4 + 8	przeciwwybuchowe kopalniane
		60, 100	4	uszczelnione
	1000	60, 100	4	uszczelnione

mienności, wymagają starannego opracowania konstrukcyjnego i doborowych materiałów na części sprężynujące, dające wzajemny docisk styków, oraz na części izolacyjne. Ponieważ łączniki wtykowe mają nieznaczna zdol-

ność łączenia, nie powinny one nigdy przerywać prądów w obwodach głównych.

Łączniki wtykowe znajdują szerokie zastosowanie przy zelektryfikowanych maszynach budowlanych oraz w górnictwie węglowym. Budowane są w wykonaniu uszczelnionym i przeciwybuchowym.

Potrzeby przemysłu powinny być w pełni zaspokojone podanymi w tabl. III rodzajami, wielkościami i wykonaniem łączników wtykowych.

Przełączniki wtykowe spotykane są rzadko i służą zwykle do obwodów pomocniczych (np. mierników, wskaźników, obwodów synchronizacyjnych itp.).

b) Łączniki drążkowe nożowe. Jest to najprostszy typ łącznika. Im większy jest prąd znamionowy łącznika drążkowego nożowego, tym mniejsza jest jego zdolność łączenia w stosunku do obciążalności znamionowej. Dlatego też wyłączniki tego typu służą przy prądach znamionowych powyżej 200 A głównie jako odłączniki. Przekroczenie dopuszczalnej zdolności łączenia prowadzi do nadmiernego uszkodzenia powierzchni stykowych, powoduje zwiększenie oporności stykowej i nadmierne grzanie się przyrządu.

Przypadkowe wyłączenie zwarcia wyłącznikiem drążkowym nożowym może spowodować poważne zaburzenie wskutek niewygaszenia łuku, a więc i możliwość dalszego jego przerzucenia się na szyny. Ponieważ jest to jednak najprostszy i najtańszy typ łącznika, należy poczynić próby zwiększenia jego zdolności wyłączania przy użyciu prostych środków. Drogi w tym kierunku wskazuje praca prof. O. W. Brona pt. Dwieżenie elektrycznej długi w magnitnom pole (Goseniergoizdat, 1944).

Zasadniczą wadą łączników drążkowych nożowych jest słaby docisk styków, uzyskiwany dzięki sprężystości materiału przewodzącego, oraz dążność do samootwierania się wskutek działania sił dynamicznych od prądów zwarciowych. Tę ostatnią wadę można usunąć przez zastosowanie konstrukcji zwanej adynamiczną, gdzie wyzyskuje się siły mechaniczne prądu dla dodatkowego wzmożenia docisku styków.

Łączniki drążkowe służą jako odłączniki i wyłączniki w urządzeniach rozdzielczych otwartych. Do celów nastawczych można je używać wyjątkowo i to tylko do silników, których prąd rozruchowy jest znacznie niższy od obciążalności znamionowej łącznika (np. wyłącznik drążkowy nożowy o obciążalności 100 A pozwala na łączenie silników zwartych o mocy najwyżej do 10 kW przy napięciu 220, 380 lub 500 V). Charakterystyczną wielkością dla doboru łącznika tego typu jest napięcie znamionowe i obciążalność.

Przełączniki drążkowe nożowe należy traktować wyłącznie jako odłączniki, służące do wykonywania czynności łączeniowych bez obciążenia.

Przemysł krajowy buduje dostateczny asortyment łączników drążkowych nożowych w wykonaniu natablicowym i zatablicowym. Łączniki te wymagają jednak zmian konstrukcyjnych dla zwiększenia wyłączalności i poprawy warunków pracy styków.

c) Łączniki drążkowe dociskowe. Mają one w porównaniu z nożowymi bardziej skomplikowane mechanizmy, lecz odznaczają się większą odpornością na przeciążenia. Wyposażone są w styki dociskowe punktowe lub liniowe, często w układzie mostkowym oraz w łukoodporne przegrody międzybiegunowe, zwiększające ich zdolność wyłączania. Pozwala to na umieszczenie łączników w osłonach. Dlatego łączniki tego typu stanowią jeden z podstawowych elementów okapturzonych rozdzielnic żeliwnych. Nie należy nimi łączyć silników klatkowych, dławików, elektromagnesów, transformatorów obciążonych po stronie wtórnej silnikami, a także wyłączać silników pierścieniowych w chwili rozruchu lub z zahamowanym wirnikiem. Wytwarzane wielkości wystarczają na obecne potrzeby przemysłowe.

d) Wyłączniki i przełączniki pokrętne płytkowe (pakietowe, warstwowe). Te dzięki zwartej budowie z prostych i jednakowych elementów pozwalają na łatwe tworzenie kombinacji i skomplikowanych układów przełącznikowych. Przełączniki takie odznaczają się niewielkimi wymiarami. Ponieważ poszczególne bieguny łączników są ściśle zamknięte wewnątrz kształtek z materiału izolacyjnego, nie ma obawy o przerzucenie się łuku na sąsiednie bieguny. Odbija się to korzystnie na zdolności łączeń, lecz stanowi równocześnie podstawową wadę tej konstrukcji. Styki są nie-

widoczne i trudno dostępne. Aby zapewnić dostateczną pewność ruchu, płytkowe styki ruchome i szczękowe styki nieruchome (lub odwrotnie) muszą mieć dostateczne wymiary i być wykonane z materiału nie zmieniającego własności sprężystych pod wpływem pracy mechanicznej, prądu obciążeniowego i łuku łączeniowego. Również materiał kształtek izolacyjnych nie powinien ulegać zwięglieniu pod wpływem łuku ani tworzyć przewodzących ścieżek prądowych. Przy zachowaniu tych warunków wyłączniki płytkowe mogą znaleźć szerokie zastosowanie zwłaszcza do silników niewielkich mocy, przy częstotliwości łączeń nie przekraczającej kilkunastu łączeń na godzinę.

Łatwość tworzenia skomplikowanych układów przełącznikowych, niewielkie wymiary zewnętrzne i całkowite zamknięta budowa łącznika umożliwiają zastosowanie łączników płytkowych przy obrabiarkach. Spotyka się je w tym zastosowaniu w szeregu obrabiarek radzieckich.

Wyłączniki pokrętne płytkowe w specjalnym wykonaniu używane są na statkach jako odłączniki i wyłączniki rozdzielcze.

Wielkością charakterystyczną łączników płytkowych jest obok napięcia znamionowego i obciążalności robocza

Tablica IV. Łączniki płytkowe

Napięcie znamionowe		Obciążalność (A)	Największa liczba biegunów	Największa liczba położeń
$\sim$	=			
380	250	10	5	4
380	250	15	5	4
380	250	25	6	4
380	250	35	9	4
380	250	60	9	4
380	250	100	6	4

zdolność łączenia. Ta ostatnia zależy nie tylko od wielkości wyłącznika lecz także od układu połączeń całego zespołu.

W tabl. IV ujęte są łączniki płytkowe produkowane przez nasz przemysł aparatowy państwowy i spółdzielczy. Zasadniczo liczba wielkości i typów jest wystarczająca, zwrócić jednak należy uwagę na poprawienie ich jakości przez dobór właściwych materiałów i zwiększenie dokładności wykonania. Odczuwa się wciąż brak sprawdzonych wartości roboczej zdolności łączeniowej tych łączników.

e) Ł ą c z n i k i w a l c o w e. Należą one do najbardziej rozpowszechnionych rodzajów łączników nastawczych na średnie częstotliwości łączeń. Do zalet ich należy prosty mechanizm, pełna widoczność i łatwy dostęp do styków oraz łatwość tworzenia szeregu kombinacji ze znormalizowanych elementów. Wadą tych łączników jest konieczność stosowania niewielkich docisków na stykach, aby uniknąć nadmiernego mechanicznego ścierania się styków i powstawania oporów ruchu. Również gaszenie łuku nastęca trudności, wskutek czego łączniki walcowe tylko wyjątkowo używane są przy prądzie stałym.

Dużo nieporozumień nastęca utarty niewłaściwy system oznaczania wielkości łączników walcowych ich obciążalnością znamionową. Tylko znormalizowane kolejne oznaczenia liczbowe (np. wielkość 0, 1, 2 itp.) lub literowe wraz z określoną przez normę mocą silników dla każdej wielkości — przy określonym napięciu roboczym i założonych częstotliwościach łączeń — pozwolą na właściwy dobór łącznika do warunków ruchu przy zachowaniu ekonomicznego okresu użytkowego. Określenie samej obciążalności jest niewystarczające, gdyż nie uwzględnia zużycia styków przy łącznikach i nie podaje zachowania się prądu przy łączeniu prądów roboczych o chwilowych wartościach kilkakrotnie wyższych od prądu znamionowego.

Łączniki walcowe spotykane są w postaci wyłączników, a najczęściej przełączników różnego rodzaju (gwiazda-trójkąt, liczba biegunów, kierunek obrotów i inne). Znajdują one szerokie zastosowanie do napędów obrabiarek i innych maszyn, jako łączniki drogowe i krańcowe, jako przełączniki układów itp. Wielostopniowe przełączniki walcowe, stosowane do rozruchu i regulacji obrotów silników pierścieniowych w urządzeniach dźwigowych mają nazwę nastawników walcowych i należą do aparatury dźwigowej.

Należy tu wspomnieć, że wady charakterystyczne dla układu łączników walcowych powodują wypieranie nastawników walcowych zwłaszcza dla silników większej mocy i zastępowanie ich nastawnikami stycznikowymi krzywkowymi lub sterowanymi zespołami stycznikowymi.

Budowane w kraju wyłączniki i przełączniki walcowe wymagają usystematyzowania wielkości, ujednolicenia konstrukcji, zastosowania lepszych materiałów na styki oraz części izolacyjne i przewodzące, wreszcie poprawy konstrukcji z technologicznego punktu widzenia. Pożądany rząd łączników walcowych powinien przykładowo obejmować wielkości podane w tabl. V.

Jako trwałość mechaniczną przyjmuje się dla normalnych łączników silnikowych ok. 100 000 łączeń. W wykonaniach specjalnych, np. dla wyłączników tkackich, sterowników itp. o częstotliwości łączeń do 100 na godzinę trwałość mechaniczna powinna być rzędu 1 000 000 łączeń. Wymaganą zdolność załączania sprawdza się wykonaniem 100 załączeń — w odstępach 5 do 10 sek. — prądu o wartości $16 I_n$ silnika (wyłączanie innym łącznikiem). Wymagana zdolność wyłączania jest dotrzymywana, jeżeli łącznik prawidłowo wykona w odstępach 5 do 10 sekund 50 załączeń i 50 wyłączeń 8-krotnego prądu znamionowego silnika przy $\cos \varphi$ od 0,4 do 1 i największym napięciu roboczym podwyższonym o 10%. Należy tu wspomnieć, że przy najlepszych konstrukcjach stosunek I_n łącznika do I_n silnika wynosi co najmniej 2:1.

f) W y ł ą c z n i k i z a p a d k o w e. Są one tym znamienne, że w położeniu załączenia utrzymuje je odpowiedni mechanizm bez udziału siły zewnętrznej. Energia wywołująca wyłączenie jest przy tym nagromadzona w napiętej sprężynie. Przez zwolnienie ręczne lub mechaniczne zapadki, utrzymującej mechanizm w stanie załączenia, wyzwalamy energię nagromadzoną w sprężynie i wywołujemy szybkie rozwarcie styków. Przez docisk styków, doprowadzony niejednokrotnie do granicy płynności materiału stykowego, otrzymuje się małą oporność toru prądowego, dzięki czemu wyłączniki te nadają się

Tablica V. Wyłączniki i przełączniki walcowe dla średniej częstotliwości łączeń 10 na godzinę

Wielkość	Moc silnika zwartego orientacyjna (kW)			Obciążalność (A)
	220 V	380 V	500 V	
0	2,0	3,5	4,5	15
1	3,5	6,0	8,0	25
2	6,0	10,0	13,0	40
3	10,0	17,0	22,0	60
4	17,0	30,0	40,0	100

szczególnie do pracy rozdzielczej. Z drugiej strony znaczny docisk styków i związane z tym tarcie oraz zużycie mechanizmów ograniczają częstość łączeń tego typu wyłączników. Duża szybkość wyłączania, rozdział styków lub ich części na główne i opalne, skutecznie działające ustroje gaszenia łuku i mocna budowa układu przewodzącego pozwalają na opanowanie wyłączania prądów zwarciovych i zapewniają dostateczną wytrzymałość dynamiczną i termiczną aparatów. Wyłączniki zapadkowe służą do zabezpieczania źródeł prądu i kabli w rozdzielniach przemysłowych i energetycznych. Mogą one być również używane do łączenia silników stale biegnących lub wymagających zaledwie kilku łączeń na godzinę.

Wyłączniki zapadkowe służą więc głównie jako zabezpieczenie zwarciovie przewodów i urządzeń. Dlatego też zwarciova zdolność wyłączania jest ich zasadniczą wielkością znamionową. Wyłącznik zapadkowy należy dobrać przede wszystkim do warunków zwarciovych sieci, a nie — jak dotychczas często spotykało się — wyłącznie na podstawie wartości prądu w obwodzie. Stosowany często sposób określania wyłączników według ich obciążalności jest niewłaściwy. Aby określić dokładnie wyłącznik należy zawsze podać rząd jego wyłączalności i obciążalność układu przewodzącego.

Tabl. VI ujmuje charakterystyczne dane znamionowe proponowanego typowego asortymentu wyłączników zapadkowych, potrzebnych do urządzeń przemysłowych. Poza wymienionymi w tablicy wyłącznikami suchymi po-

Tablica VI. Suche uniwersalne wyłączniki samoczynne zapadkowe

Rząd wyłączal- ności (kA przy 500 V)	Rodzaj wyłącz- nika	Napięcie znamionowe (V)		Wyłączalność (kA) przy napięciu					Obciążal- ność (A)	Napęd	Typ	Uwagi
				~			=					
		~	=	380 V	500 V	1000 V	250 V	600 V				
5	Przemy- słowy in- stalacyjny	660	250	7	5	—	5	—	50, 100	ręczny		brak
10		660	250	14	10	—	10	—	100, 200	ręczny	WPU 10	w opracowaniu
(15)	Przemy- słowy	500	440 (250)	20	15	—	15	—	100, 200, 400	ręczny el.-magn.	ATK—400 WSS—200 WSS—400	w produkcji
25	Przemy- słowy dużej wyłączal- ności	1000	600	35	25	10	25	10	400, 600, 1000	ręczny el.-magn.	APU—30 (ATK—1500)	w przygotowaniu w produkcji nap. znam. 500 V, obciąż. 1500 A
40		1000	750	50	40	15	40	15	1000, 1600, 2500	ręczny silnikowy pneum.	APU—50	w opracowaniu
70		1000	750	90	70	25	70	25	1600, 2500, 3200	ręczny silnikowy pneum.	APU—70	w opracowaniu

trzebny jest do pomieszczeń, zawierających chemicznie czynne gazy i pary, wyłącznik zapadkowy olejowy o wyłączalności rzędu 5 kA przy 500 V prądu trójfazowego.

Wyłączniki rzędu 5 i 10 kA przy 500 V należą do grupy wyłączników przemysłowych instalacyjnych. Są one wykonane z wyprasek bakielitowych i odznaczają się małymi wymiarami.

Wyłączniki rzędu 25 do 70 kA przy 500 V nazywają się wyłącznikami przemysłowymi o dużej wyłączalności. Ich cechą charakterystyczną jest szeroki zespół urządzeń pomocniczych stanowiących wyposażenie.

Konstrukcja wyłączników rzędu 5 do 40 kA przy 500 V winna umożliwiać zastosowanie ich na pokładzie statków morskich.

Wyłączniki zapadkowe są zazwyczaj wyłącznikami samoczynnymi. W związku z tym są one wyposażone w wyzwalacze i przekaźniki oraz w szereg urządzeń pomocniczych, którym będzie poświęcony odrębny artykuł.

Od nowoczesnych przemysłowych wyłączników instalacyjnych i wyłączników o dużej wyłączalności wymaga się, aby one mogły pracować na prądzie zarówno stałym, jak i zmiennym.

Obecnie produkowane wyłączniki zapadkowe typu WSS i ATK nie odpowiadają jeszcze w pełni wymaganiom stawianym tego rodzaju aparatom. Potrzebne są wyłączniki o większej zdolności wyłączania i pełniejszym wyposażeniu. Konstrukcja wymaga rewizji z punktu dostosowania jej do nowoczesnych metod produkcji.

Odmianą wyłączników zapadkowych są szybko działające wyłączniki prądu stałego (tabl. VII), gdzie w wielu przypadkach zapadka mechaniczna jest zastąpiona elektromagnetycznym przychwytem. W dziedzinie tej wejdzie niedługo do produkcji rząd wyłączników typu WAB-2 systemu inż. Gołubiewa, budowanych z licencji radzieckiej, oraz wyłącznik do elektrolizy o obciążalności 10 000 A na napięcie 250 V. Są to wyłączniki jednobiegunowe. Mogą one pracować jako zabezpieczenie nadmiarowo-prądowe lub zwrotno-prądowe.

g) W y ł ą c z n i k i s t y c z n i k o w e. Są one typowym aparatem do pracy nastawczej. Cechuje je zdolność łączenia prądów roboczych przy częstości łączeń od kilkudziesięciu do kilkuset, a nawet kilku tysięcy łączeń na godzinę. Z właściwością tą związana jest, oczywiście, wysoka trwałość mechanizmów i styków.

Żadne wyłączniki stycznikowe nie powinny wyłączać prądów zwarciovych większych od przewidzianych w roboczej zdolności wyłączania. Dlatego też zabezpiecza się je z reguły bezpiecznikami topikowymi lub wyłącznikami zapadkowymi, wyposażonymi w szybkie wyzwalacze nadmiarowo-prądowe.

Zależnie od układu styków wyłączniki stycznikowe dzieli się na s t y c z n i k i (o stykach normalnie otwartych), p r z e r w n i k i (o stykach normalnie zamkniętych) oraz s t y c z n i k o - p r z e r w n i k i (o obu układach styków). Styczniki wyposażone w przekaźniki nadmiarowo-prądowe nazywane są s t y c z n i k a m i s a m o c z y n n y m i lub stycznikami silnikowymi. Bez przekaźników są to s t y c z n i k i m a n e w r o w e.

Największe częstości łączeń, wynoszące do 3000 na godzinę, wymagane są od styczników manewrowych hutniczych.

Styczniki i przerwniki mogą być wyposażone w napęd elektromagnesowy na prąd stały lub zmienny (styczniki elektromagnetyczne), w napęd pneumatyczny (styczniki pneumatyczne) lub w napęd mechaniczny krzywkowy albo podobny (styczniki mechaniczne). Najczęściej spotyka się napęd elektromagnesowy. Napęd pneumatyczny styczników stosuje się w urządzeniach trakcyjnych i walcowniczych. Styczniki mechaniczne zwykle łączy się w zespoły, napędzane wspólnym wałem krzywkowym. Tworzą one przełączniki lub nastawniki krzywkowe.

Styczniki mogą być jedno- lub wielobiegunowe. Styczniki na prąd stały buduje się przeważnie jako jednobiegunowe, styczniki na prąd zmienny — jako trójbiegunowe.

Tablica VII. Wyłączniki szybko działające prądu stałego

Rodzaj	Napięcie znamionowe (V)	Obciążalność (A)	Układ	Napęd	Typ
Pojazdowy	600	200 A	nadmiarowo-prądowy	ręczny	
Stacyjny i pojazdowy	600	600, 1000	nadmiarowo-prądowy i zwrotno-prądowy	elektromagnesowy	WAB2
	1500	1000, 2000, 3000			WAB2
	3000	600, 1000, 2000			WAB2
Do elektrolizy	2500	8000/12000*)		elektromagnes. pneumatyczny	WUT

*) Z chłodzeniem wodnym.

Styczniki olejowe, dawniej bardzo rozpowszechnione, używa się obecnie wyłącznie w pomieszczeniach silnie zapyłonych, wilgotnych lub tam, gdzie są gazy i pary chemicznie czynne. We wszystkich innych przypadkach powszechnie korzysta się ze styczników suchych, odznaczających się większą trwałością styków, znacznie większą dopuszczalną częstością łączeń i szeregiem zalet montażowych, jak małą wrażliwością na położenie, brakiem łatwo palnego oleju, prostszą konserwacją.

Styczniki samoczynne są przeważnie wyrobem masowym. Buduje się je zwykle z napędem prostoliniowym, z części tłoczonych z blachy i mas plastycznych. Używane w tych układach styki mostkowe opatrzone są zazwyczaj nakładkami ze spieku srebro-tlenek kadmu (laureat premii Stalinowskiej W.W. Usow i zespół) lub srebro-wolfram.

Styczniki manewrowe budowane są zwykle z napędem o ruchu obrotowym. Tam, gdzie wymagana jest czę-

Tablica VIII. Elektromagnetyczne suche styczniki samoczynne na prąd trójfazowy (częstość łączeń do 240 na godz., trwałość mechaniczna 10⁶ łączeń)

Wielkość	Napięcie znamionowe (V)	Moc silnika zwartego orientacyjna (kW)			Obciążalność bez osłony (A)	Uwagi
		220 V	380 V	500 V		
0	660	1,5	2,5	3,3	15	Mechanizm o ruchu prostoliniowym
1	660	4,5	7,5	10	40	
2	660	10	17	22	60	
3	1000	20	38	45	100	Utworzone ze styczników manewrowych przez dodanie przełączników nadmiarowo-prądowych cieplnych
4	1000	40	75	90	200	
5	1000	80	150	180	400	
6	1000	120	225	270	600	

stość łączeń od 600 do 3000 na godzinę, stosuje się hartowane łożyska ostrzowe, odznaczające się małymi oporami tarcia i znaczną odpornością na zużycie.

Określanie styczników samoczynnych według ich obciążalności jest, jak w przypadku łączników walcowych, niewłaściwe. Dlatego też w tabl. VIII uszeregowano suche styczniki samoczynne na prąd trójfazowy w siedem grup, oznaczonych cyframi od 0 do 6. Robocza zdolność łączenia każdej z tych grup jest wyrażona mocą silnika zwartego przy określonym napięciu sieci i znamionowej częstości łączeń. Pożądana jest prócz tego znajomość zależności roboczej zdolności łączenia od częstości łączeń. Dla styczników manewrowych, zestawionych w tabl. VIII, zdolność załączania i wyłączania podana jest jako wielokrotność obciążalności znamionowej. I w tym przypadku

jest pożądane, aby fabryki aparatów podawały w szerokich granicach zależność zdolności łączenia od napięcia roboczego i częstości łączeń.

Krajowy przemysł aparatowy produkuje cały rząd styczników elektromagnetycznych suchych i olejowych. są to jednak konstrukcje przypadkowe, niejednokrotnie przestarzałe i nie technologiczne. Ponieważ braki odczuwa się w dziedzinie styczników na prąd stały, potrzebnych coraz bardziej do automatyzacji napędów (tabl. IX). Podany w tablicy stycznik manewrowy na napięcie 6 kV nie należy do aparatury niskonapięciowej. Ponieważ jednak jest to aparat przemysłowy o budowie zbliżonej do łączników niskonapięciowych, logiczne jest umieszczenie go w rzędzie styczników manewrowych tym bardziej, że coraz częściej nowoczesne przepisy i normy omawiają wspólnie łączniki rozdzielcze do 1000 V prądu zmiennego z łącznikami do 3000 V prądu stałego.

Oprócz styczników suchych, zestawionych w tabl. VIII, zespół styczników silnikowych powinien obejmować jeszcze stycznik olejowy wielkości najczęściej potrzebnej (np. 2), przeznaczony do pracy w pomieszczeniach zapyłonych, silnie wilgotnych lub zawierających pary i gazy chemicznie czynne.

5. Uwagi końcowe.

Łączniki niskonapięciowe stanowią jeden z podstawowych elementów przy rozbudowie przemysłu. Dane statystyczne Związku Radzieckiego podają, że w latach przedwojennych wartość wyprodukowanej aparatury niskonapięciowej równała się całkowitej wartości produkcji maszyn elektrycznych łącznie z wielkimi prądnicami. Przemysł aparatów niskonapięciowych rozwija się w Polsce Ludowej w niespotykanym tempie. Produkcja jego jest jednak jeszcze nie wystarczająca, istnieją poważne luki w asortymencie, poziom konstrukcji i jakości wykonania nie zawsze odpowiadają współczesnym wymaganiom. Kontrasty te szczególnie są widoczne w dziedzinie łączników. Budowane konstrukcje spełniały swoje zadanie w okresie odbudowy przemysłu. Obecnie należy dążyć do przeprowadzenia logicznej linii konstrukcyjnej, podniesienia jakości aparatów, udoskonalenia ich konstrukcji z technologicznego punktu widzenia.

Korzystając z doświadczeń radzieckich, częściowo na podstawie wzorów i licencji, opracowywane są nowe typy aparatów. Jednak oddanie do produkcji nowego typu aparatu nie jest sprawą prostą. Konstruktor musi opierać się na postępowych przepisach i normach, a niejednokrotnie sam je musi tworzyć. Nowe konstrukcje wymagają długotrwałych prób i badań na modelach i pierwowzorach, zanim można je będzie z pełną odpowiedzialnością oddać do produkcji seryjnej.

Palącą koniecznością staje się wyposażenie zakładów projektujących nową aparaturę łącznikową w urządzenia, umożliwiające dokonywanie prób konstruktorskich w zakresie prądów roboczych i średnich prądów zwarciowych. Jest to niezależne od utworzenia centralnej

Tablica IX. Elektromagnetyczne styczniki i przerwniki manewrowe na prąd stały i uniwersalne

Rodzaj	Liczba biegunów	Napięcie znamionowe (V)	Obciążalność I_n (A)	Robocza zdolność łączenia przy napięciu znamionowym (A)	Dopuszczalna częstość łączeń na godzinę	Trwałość mechaniczna (łączeń)	Uwagi
Stycznik — przerwnik na prąd stały	1 — 6	440 =	25	10 I_n	600	10.10 ⁶	
Stycznik — przerwnik na prąd stały	1, 2, 3, 4,	440 =	40	10 I_n	600	10.10 ⁶	
Stycznik — przerwnik uniwersalny	1, 2, 3,	1000 ~ 440 =	100	10 I_n	600	10.10 ⁶	
		1000 ~ 600 =	200	15 I_n	600 3000	25.10 ⁶	Napęd el.-magn. na pr. st. i zm. Napęd pneumat.
Stycznik — przerwnik uniwersalny	1, 2, 3,	1000 ~ 600 =	400	15 I_n	600 3000	25.10 ⁶	„ „
Stycznik — przerwnik uniwersalny	1, 2, 3,	1000 ~ 440 =	600	10 I_n	600	10.10 ⁶	„ „
Stycznik — przerwnik na prąd zmienny	2, 3	6000	200	10 I_n	600	2.10 ⁶	„ „

zwarcioni, której zadaniem będzie wykonywanie prób państwowych i atestacyjnych oraz prowadzenie badań naukowych. Do czasu, kiedy wzorem Wszechzwiązkowego Instytutu Elektrotechniki nasz Instytut Elektrotechniki będzie dysponował własną fabryką modeli i pierwowzorów, powinny przy większych zakładach produkcyjnych, gdzie istnieją biura pracujące nad nowymi konstrukcjami, powstać przykładowe komórki IELu. Zadaniem ich byłoby dostarczanie podstaw naukowych i założeń dla konstrukcji, naukowa analiza wyników prób i badań, utrzymywanie łączności i koordynacja prac oraz przejmowanie doświadczeń przemysłowych przez bezpośredni kontakt naukowców z produkcją i jej potrzebami.

Nowoczesne konstrukcje łączników wymagają również postępu w innych gałęziach przemysłu. Musi być opa-

nowana produkcja nowych metalo-ceramicznych materiałów na styki. Potrzebne są nowe materiały izolacyjne o większej odporności na wilgoć czy działanie łuku. Przy tworzeniu nowych konstrukcji potrzebna jest twórcza współpraca użytkowników, od których konstruktorzy oczekują krytycznej oceny dotychczasowych rozwiązań dzielenia się doświadczeniami ruchowymi, pomysłami racjonalizatorskimi, wreszcie jasnym i przemyślanym formułowaniem wymagań. Do współpracy winna być wreszcie wciągnięta organizacja zbytu, która z jednej strony przez wnikliwą analizę rynku wskaże kierunek zapotrzebowania nowych konstrukcji, z drugiej strony przez aktualny, wyczerpujący i technicznie poprawny materiał katalogowy ułatwi i racjonalnie pokieruje pracą projektantów i użytkowników.

MGR INŻ. FRANCISZEK FRYCZ
Zakład Materiałoznawstwa I. El.

Rodzaje korozji występujące w elektrotechnice (w energoelektryce i teleelektryce)

T r e ś ć. Przyczyny i skutki korozji w urządzeniach elektrycznych. Odporność różnych materiałów przewodzących, konstrukcyjnych oraz styków w zależności od rodzaju ośrodka atmosferycznego. Wpływ prądów błądzących na korozję sieci kablowych i kanalizacyjnych. Korozja gazowa w grzejnictwie elektrycznym.

1. Wstęp.

Korozja w elektrotechnice przysparza znacznie więcej trudności i kłopotów, niż w przemyśle metalowym. Istota zagadnienia sprowadza się tu nie tylko do strat materiałowych, jako skutków tego niszczącego działania, lecz również do strat wtórnych w postaci zakłóceń ruchowych, niespodziewanych zaburzeń w procesach produkcyjnych, stwarzających zazwyczaj bardzo poważne zahamowanie w wykonywaniu podjętych zadań i planów gospodarki krajowej.

Likwidowanie skutków korozji w istniejących już urządzeniach elektroenergetycznych wytwórczych, w szeregu ogniw łańcucha urządzeń przesyłowych, jak również w samych urządzeniach odbiorczych, uważać by należało za spóźnione z punktu widzenia strat wtórnych, jeśli w pracach projekcyjno-konstrukcyjnych i wykonawczych zagadnienie korozji nie zostało wzięte pod uwagę i nie zostało potraktowane jako jedno z kluczowych zagadnień wyjściowych.

Dlatego dziś, w okresie realizacji zadań Planu 6-letniego, na zagadnienie korozji zwraca się szczególną uwagę. Zagadnienie to staje się jednym z problemów wyjściowych przy realizowaniu zadań Planu 6-letniego, wymaga zainteresowania się nim kadr wykonawczych na wszystkich poziomach. Straty materiałowe, powodowane przez korozję w elektrotechnice, skłaniają do prowadzenia uporczywej walki z tym zjawiskiem. Ograniczenie strat materiałowych do minimum gwarantuje najkorzystniejsze warunki eksploatacyjno-ruchowe, a tym samym sprowadza straty wtórne do minimum. Wymiana, na przykład, krótkiego nawet skorodowanego odcinka ziemnego kabla telefonicznego lub elektro-energetycznego w dużym mieście o intensywnym ruchu ulicznym połączona jest z dużymi kłopotami i kosztami.

Metale kolorowe z uwagi na ich własności przewodzące stały się w elektrotechnice materiałami podstawowymi i nie dającymi się w wielu przypadkach zastąpić innymi. Wobec szybkiego rozwoju elektryfikacji, przemysłu elektrotechnicznego i przemysłu w ogóle oraz ograniczonych i skąpych zapasów rud niektórych metali kolorowych — dotyczy to szczególnie miedzi, cyny i ołowiu — powstała konieczność oszczędności i racjonalnego gospodarowania tymi metalami przez stosowanie materiałów zastępczych, a tam, gdzie to nie jest jeszcze możliwe, przez stosowanie ochron odniszczeń korozyjnych. Specjalnego znaczenia w tej sytuacji nabiera dokładna znajomość wzajemnego oddziaływania otoczenia i metalu i różnych metali na siebie przy różnych wpływach otoczenia.

Panujące na ogół przekonanie o bezwzględnej wyższości miedzi nad aluminium pod względem odporności na korozję jest w wielu przypadkach pozbawione podstaw. Dokładne zapoznanie się z wpływem różnych czynników na korozję tych metali pozwoli przełamać istniejące opo-

ry w stosunku do aluminium oraz uniknąć zbędnego często stosowania miedzi do szyn, kabli i przewodów tam, gdzie z powodzeniem może być użyty inny materiał zastępczy, w większości przypadków właśnie aluminium.

W zakresie powłok odpornych na wilgoć i korozję zwłaszcza w kablach ziemnych, gdzie stosuje się dotychczas prawie wyłącznie ołów, sprawa zastąpienia tego ciężkiego i deficytowego tworzywa ma również pierwszorzędne znaczenie.

W zastosowaniach elektrotechnicznych zjawiska korozji występują we wszelkich możliwych formach i rodzajach.

Z punktu widzenia istoty zjawisk korozyjnych różniamy bezpośrednie działanie związków chemicznych w postaci płynnej lub gazowej na metale i mamy wówczas do czynienia z korozją chemiczną oraz pośrednie działanie związku chemicznego, będącego elektrolitem, i wtedy mamy do czynienia z korozją elektrochemiczną, która może występować w cieczach lub w otoczeniu atmosferycznym.

Korozja elektrochemiczna może mieć charakter galwaniczny (dwa różne pod względem chemicznym metale w obecności elektrolitu tworzą ogniwo i stają się źródłem prądu elektrycznego, przy czym korozji ulega na ogół jeden z metali — anoda) lub elektrolityczny (typowym przykładem — elektrolityczne działanie prądów błądzących w wyniku doprowadzonego napięcia do dwu metali z zewnątrz).

Bodaj najczęściej korozja występuje pod wpływem działania atmosferycznego na instalacje i urządzenia napowietrzne, a więc ten rodzaj korozji zasługuje na szczególne rozważenie, na zbadanie jego przyczyn i skutków celem przedsięwzięcia odpowiednich środków ochronnych przed niszczeniem metali w konstrukcjach i urządzeniach elektrycznych napowietrznych.

Czyste suche powietrze zawiera tylko jeden składnik korozyjnie aktywny pod względem chemicznym, a mianowicie tlen. Reszta składników powietrza jest pod tym względem obojętna. W przypadku powietrza i przy wysokiej temperaturze występuje tylko korozja chemiczna, jako utlenianie się metalu. Szybkość przebiegania tego procesu zależy od temperatury.

Normalnie powietrze atmosferyczne nasyca się parą wodną, zawiera rozmaite składniki gazowe, wydzielające się podczas przebiegu reakcji chemicznych w przyrodzie i w przemyśle. Powietrze jest zatem mniej lub więcej złożoną mieszaniną gazów i par, odpowiadającą charakterowi poszczególnych miejscowości, obszarów lub terenów. Wpływ powietrza atmosferycznego na zachowanie się metali będzie zależny od zawartości w nim składników korozyjnie aktywnych oraz od wilgoci, temperatury i ciśnienia, a więc warunki klimatyczne wywierają zasadniczy wpływ na różnianie się korozji. Zmieniające się parametry zewnętrzne, jak temperatura, ciśnienie,

wilgotność, stwarzają warunki do chemicznego łączenia się poszczególnych składników powietrza w nowe związki pod względem korozyjnym bardziej aktywne.

2. Korozja przewodów napowietrznych (Al, Cu, Fe).

Z urządzeń elektrycznych najbardziej narażone na działanie korozji atmosferycznej są napowietrzne linie elektryczne. Z materiałów stosowanych do budowy linii napowietrznych narażone na korozję atmosferyczną są aluminium, miedź i żelazo oraz stopy lub kombinacje tych metali. Podatność tych metali na korozję atmosferyczną należy rozpatrywać z możliwie najdokładniejszym uwzględnieniem charakteru ośrodków atmosferycznych, a ten jest związany z rodzajem obszaru, po którym linia przebiega. Ośrodki atmosferyczne w naszym kraju można pod względem wpływów korozyjnych podzielić terenowo na obszary nadmorskie, obszary okęgów przemysłowych, obszary dużych i średnich miast oraz najłagodniejsze pod tym względem obszary wiejskie.

Ujęcie ilościowych i jakościowych charakterystyk tych obszarów pod kątem widzenia ich aktywności korozyjnej jest podstawowym materiałem, umożliwiającym właściwą orientację w stosowaniu odpowiednich środków przeciwnokorozyjnych.

Badania powietrza okolic nadmorskich stwierdzają, że charakteryzuje je stosunkowo duża wilgotność, przy czym wilgoć zawiera sole chlorkowe i siarczanowe. Ponadto powietrze okolic nadmorskich zawiera pyły tych soli, unoszonych przez wiatry. Pod wpływem zmian temperatury ilość pary wodnej w powietrzu podlega wahaniom według znanej zależności wilgotności od temperatury i wynikiem tego jest osiadanie rosy. Przedmioty znajdujące się w takiej atmosferze pokrywałyby się więc cienką warstwą wody, jednak zawarte w powietrzu gazy, jak N_2 , O_2 , CO_2 , SO_2 oraz tlenki azotu, rozpuszczają się podczas skraplania się pary wodnej w kropelkach rosy. Dużą skłonność do rozpuszczania się w wodzie wykazuje SO_2 , tlenki azotu oraz kwas solny w postaci gazowej. Związki te mogą występować w stosunkowo wysokiej koncentracji, nawet wtedy, kiedy ich zawartość procentowa w atmosferze jest nieduża. Linie napowietrzne, urządzenia elektryczne i wszelki sprzęt elektryczny oraz ich konstrukcje nośne będą się pokrywać w tego rodzaju ośrodku nie warstwą czystej wody, lecz warstwą roztworów wymienionych soli i gazów w wodzie. Wytrącana z powietrza wilgoć stanowi więc typowe elektrolity, stwarzające warunki do rozwijania się korozji elektrochemicznej, a nawet chemicznej.

Z ogólnej analizy środowiska atmosferycznego okolic nadmorskich widać, że skład chemiczny atmosfery oraz jej wilgotność stanowią najważniejsze czynniki jej aktywności korozyjnej.

Prawie narówni z gazami, wchodzącymi w skład powietrza, sprzyjają rozwojowi korozji niektóre pyły unoszone w powietrzu pod wpływem wiatrów i osadzające się na przedmiotach. Rozróżnia się tu pyły z natury swej korozyjnie aktywne, jak pyły soli $(NH_4)_2SO_4$, pyły z natury nieaktywne, ale zato silnie absorbujące z powietrza wilgoć oraz gazy korozyjnie aktywne (zwłaszcza SO_2), jak pyły węglowe, i pyły korozyjnie nieaktywne i nieabsorbujące szkodliwych gazów.

Wyniki dotychczasowych obserwacji i badań doświadczalnych wykazują, że przy zawartości zanieczyszczeń pyłowych w powietrzu atmosferycznym największa szybkość procesu korozji występuje przy wilgotności znacznie niższej niż 100%. Stumaczy się to tym, że na metalach może powstać stosunkowo gruba powłoka wilgoci, która przy higroskopijności produktów korozji przechodzi do metalu. Higroskopijność jest charakterystyczna dla siarczanowych powłok korozyjnych. Doskonałym przykładem dla przedstawienia roli higroskopijności produktów korozji jest działanie par kwasu siarkowego na nikiel. Płytką niklową umieszczoną w wysuszczeniu nad roztworem kwasu siarkowego pokryje się dość szybko warstwą wilgoci i znacznie intensywnie korodować. Na powierzchni nikielu SO_2 utlenia się na SO_3 i w połączeniu z wilgocią tworzy H_2SO_4 , który silnie absorbuje wilgoć, i z płytki niklowej spływa bladozielona ciecz, będąca siarczanem nikielu. Cynk poddany działaniu par silnie stężonego kwasu solnego pokrywa się również wilgocią, ponieważ powstający na nim $ZnCl_2$ jest bardzo higroskopijny.

Atmosferę wielkiego miasta i okęgów przemysłowych cechuje duża zawartość pyłów i gazów, która też powoduje wielką aktywność korozyjną tej atmosfery.

Korozja atmosferyczna, najbardziej rozpowszechniona w elektrotechnice, obejmuje swym niszczącym działaniem przewody i konstrukcje nośne dalekosiężnych linii napowietrznych, urządzenia oraz wszelki sprzęt napowietrznych rozdzielni i podstacji. Niemalże szkód wyrządza ona również materiałom i sprzętowi instalacji zewnętrznych.

Korozja instalacji wewnętrznych jest w większości przypadków powodowana również wpływami atmosferycznymi, aktywność atmosfery jest jednak poważnie ograniczona wewnątrz pomieszczeń zamkniętych. Jak wspomniano, korozja ma charakter elektrochemiczny. Pozostawia ona różnorodne ślady zniszczeń w postaci ciągłych i równomiernych powłok, w postaci plam i punktów oraz występuje bardzo często w postaci międzykryształicznej. Początkowe stadium procesu korozyjnego ujawnia się w pociemnieniu powierzchni metalu. Dostrzega się je na przedmiotach dokładnie oszlifowanych lub polerowanych. Zaciemnienie jako pierwsze stadium korozji wywołane jest powstawaniem bardzo licznych powierzchni mikroskopijnych rozmiarów, na których proces korozyjny został zapoczątkowany, lub też powstawaniem cieniutkiej i ciągłej warstewki produktów działania korozyjnego.

Z uwagi na szerokie zastosowanie żelaza w konstrukcjach nośnych linii napowietrznych i urządzeń elektrycznych oraz cynku jako materiału na powłoki metaliczne interesujące są wyniki długoletnich badań angielskiego specjalisty Hudsona. Badania te potwierdziły zasadę, że szybkość przebiegu procesów korozyjnych dla typowych metali technicznie ważnych jest zmienna i zależy od rodzaju atmosfery. Poddane badaniom cynk i żelazo w różnych obszarach klimatycznych wykazały, że szybkość korozji cynku bardzo nieznacznie różniła się w stosunku do żelaza w suchym okęgu podzwrotnikowym Chartum, przy czym grubość skorodowanej powłoki w przeliczeniu na rok wynosiła $1,5\mu$. W okęgu podzwrotnikowym oddalonym od morza (Nigeria) stosunek grubości skorodowanych powłok wynosił 1:4 przy grubości skorodowanego cynku około 2μ na rok. W okęgu podzwrotnikowym morskim (Singapur) stosunek ten przy tej samej grubości skorodowanego cynku wynosił 1:6, a w umiarkowanej atmosferze morskiej (Anglia) grubości skorodowane miały się do siebie mniej więcej jak 1:21 przy grubości dla cynku około $4,5\mu$.

W miejscowości zadymionej (tunel kolejowy w Anglii) i w dzielnicy przemysłowej miejskiej (Anglia) stosunki te wynosiły 1:0,8 i 1:18. Grubość skorodowanego cynku w pierwszym przypadku wynosiła 92μ , w drugim $5,5\mu$.

Z porównania rezultatów korozji cynku i żelaza wynika, że cynk, aczkolwiek znosi względnie dobrze większość wymienionych rodzajów atmosfery, jest mniej odporny od żelaza na obszarach, gdzie atmosfera jest silnie zanieczyszczona dymem przy stosunkowo dużej wilgotności względnej. Atmosfera okolic zadymionych zawiera na ogół najwięcej SO_2 , jako produktu spalania siarki, wchodzącej prawie zawsze w skład węgla. Dwutlenek siarki jest szczególnie niebezpieczny pod względem korozyjnym, ponieważ utlenia się na SO_3 , a w połączeniu z wodą przechodzi w kwas siarkowy.

Wpływ zawartości SO_2 na szybkość procesu korozyjnego uwydatnia się najjaskrawiej przez porównanie z szybkością tego procesu w czystym wilgotnym powietrzu. Prowadzone w tym kierunku doświadczenia wykazały, że korozja żelaza w czystym powietrzu przy stopniowo zwiększanej wilgotności wyniosła w ciągu 75 dni próby 8 mg/dm^2 . Zależność szybkości korodowania od czasu przy stopniowo zwiększanej wilgotności miała przebieg mniej więcej liniowy. Po dodaniu do czystego powietrza w tych samych warunkach SO_2 w ilości tylko 0,01% przebieg szybkości korodowania żelaza pokrywał się w ciągu 25 dni z przebiegiem poprzednim przy wilgotności względnej stopniowo zwiększanej od 0 do 70%, po czym szybkość korodowania miała przebieg podobny do charakterystyki magnesowania, osiągając tak zwane kolano krzywej mniej więcej po 30 dniach przebywania w wilgotności względnej 99% przy wartości 100 mg/dm^2 i 75 dni. Zawartość SO_2 w powietrzu jest podobnie szkodliwa i dla innych metali ważnych w elektrotechnice.

Szkodliwe działanie SO_2 w powietrzu potwierdzają również wyniki doświadczeń Evansa, które wykazały, że szybkość procesu korozyjnego w atmosferze wielkiego miasta zależy od pory roku, w której proces ten został zapoczątkowany. Zależność ta jest tego rodzaju, że próbka, która zaczęła korodować w lecie, wykazywała normalną, mniej więcej paraboliczną zależność szybkości korozji od czasu, druga zaś próbka, której proces korozji został zapoczątkowany w zimie, miała przebieg szybkości korodowania według stromo wznoszącej się prostej, osiągając po 40 dniach wartość dwukrotnie większą niż w poprzednim przypadku. Takie zachowanie się próbek tłumaczy się tym, że atmosfera zawiera w zimie znacznie więcej SO_2 niż w lecie, oraz tym, że warstwa korozyjna powstająca w warunkach letnich odznacza się lepszymi własnościami ochronnymi niż w zimie. Warstwa produktów korozji, powstająca na miedzi w okresie letnim, jest już tak odporna, że wpływ okresu zimowego na wzrost szybkości korodowania jest — mimo większej zawartości SO_2 w atmosferze — bardzo mały.

Z materiałów stosowanych na przewody linii elektrycznych miedź i aluminium wykazują pod względem odporności na korozję atmosferyczną bardzo dużą przewagę nad żelazem.

Aluminium i jego stopy dzięki powstawaniu na nich trwałej powłoki ochronnej, drogą utleniania się powierzchni na Al_2O_3 , konserwują się dobrze prawie we wszystkich rodzajach atmosfery. Aluminium jest jednak dość czułe na działanie soli i ługów. Na terenach nadmorskich pyły soli powodują nieraz silną korozję aluminium, bardzo często nawet międzykrystaliczną.

Ponieważ korozja atmosferyczna ma charakter elektrochemiczny, więc odporność aluminium i metali w ogóle będzie tym większa, im czystszy będzie metal. Dlatego bardzo ważnym czynnikiem jest stosowanie jak najczystszych chemicznie metali. Aluminium nie znosi domieszek miedzi i żelaza. Aluminium jest nieodporne na działanie ługów i soli, ponieważ one rozpuszczają jego powłokę ochronną, wchodząc z jej składnikami w reakcje chemiczne, których efektem końcowym jest między innymi ług względnie sól, mogące z kolei atakować obnażony metal. Miedź ulega działaniu związków siarki. Najbardziej jednak atakowana jest przez amoniak gazowy NH_3 . Występujące w atmosferze gazy H_2S , Cl_2 oraz tlenki azotu również przyspieszają korozję wielu ważnych w technice metali. Zawartość CO_2 w powietrzu nie wywiera wpływu korozyjnego na miedź, wskutek czego CO_2 stosuje się do stwarzania neutralnej atmosfery w piecach przy wyżarzaniu miedzi. Samo CO_2 zawarte w powietrzu również nie przyspiesza korozji żelaza, nawet opóźnia ją.

W zagadnieniu atmosferycznej korozji metali należy brać pod uwagę również wpływ deszczów, które przy intensywnym moczeniu powierzchni rozpuszczają lub zmywają wytworzone powłoki ochronne. Wahania temperatury także niszczą powłoki ochronne, powodując powstawanie naprężeń, pod których wpływem warstewki ochronne pękają.

Pod względem podatności na korozję w trzech typowych rodzajach atmosfery (okręgi przemysłowe, nadmorskie i wiejskie) ważne dla elektrotechniki metale zajmują następującą kolejność: 1) żelazo, 2) cynk, 3) mosiądz, 4) miedź, 5) aluminium, 6) nikiel, 7) ołów.

Doświadczalnie ustalono stosunki szybkości procesu korozyjnego dla tych metali w atmosferze okręgów przemysłowych, nadmorskich i wiejskich. Dla żelaza stosunek ten wynosi 4:2:1 przy szybkości korozji w okręgu przemysłowym ok. 90 μ /rok; dla cynku mamy 7:5:3 przy grubości skorodowanej powłoki w okręgu przemysłowym 4 μ /rok; dla miedzi i aluminium 2:2:1 przy grubości powłoki, jak wyżej, ok. 4 μ /rok; dla niklu 6:3:1 przy największej grubości powłoki 4 μ /rok oraz dla ołowiu 2:2:1 przy największej grubości powłoki (okręgi przemysłowe) około 2 μ /rok.

Z powyższego wynika, że stosowanie żelaza (stali) nie chronionego od korozji jest — z uwagi na intensywną korozję nawet w środowiskach najłagodniejszych pod tym względem — niedopuszczalne.

Dla elektrotechniki pomyślny jest fakt, że metale najbardziej odpowiednie na przewody linii elektrycznych

zachowują się pod względem podatności na korozję atmosferyczną mniej więcej jednakowo, z lekką przewagą aluminium.

Czyste aluminium ustępuje miedzi w niektórych własnościach mechanicznych, co było czynnikiem ograniczającym szerokie stosowanie tego materiału w liniach napowietrznych. Własności mechaniczne uległy znacznej poprawie przez dodanie manganu i krzemu w ilościach rzędu dziesiątych części procentu. Otrzymano w ten sposób stop nazywany aldrejem, który pod względem odporności na korozję prawie nie ustępuje aluminium. W przekonaniu takim można było się ugruntować po dokonanych doświadczeniach na próbnej linii z przewodami aluminiumowymi i aldrejowymi, wybudowanej na wyspie Sylt — na morzu Północnym. Po pięciu latach ciągłej pracy tej linii, narażonej na działanie mgły morskiej, pyłów soli i piasku, nie stwierdzono przy obciążeniu 35 A żadnych wyraźnych zmian własności mechanicznych przewodów z powodu korozji powierzchniowej lub międzykrystalicznej. Podobna próba, przeprowadzona w Szwajcarii z przewodami aluminiumowymi i aldrejowymi, potwierdziła wyniki poprzednich prób.

Uzupełniające badania wytrzymałościowe na zmęczenie przy najbardziej niekorzystnych warunkach wykazały, że korozja powoduje zmniejszenie się wytrzymałości na zmęczenie aldreju zaledwie o 10 — 15% w stosunku do czystego aluminium.

3. Korozja okuć sprzętu napowietrznego (Fe + Zn).

Zastosowanie żelaza jako materiału na przewody linii napowietrznych z uwagi na jego gorsze własności elektryczne jest bardzo ograniczone. Duża podatność żelaza na korozję nie jest w tym wypadku czynnikiem decydującym. Nabiera ona natomiast poważnego znaczenia przy szerokim zastosowaniu żelaza w konstrukcjach nośnych, osłonach, okuciach mocujących, rurach zabezpieczających przewody elektryczne od uszkodzeń mechanicznych i od wpływów atmosferycznych we wszelkiego rodzaju atmosferach, słowem w szerokim zastosowaniu żelaza do celów montażowych. Biorąc pod uwagę ilościowo duże zastosowanie żelaza do celów montażowych w elektrotechnice oraz jego dużą podatność na korozję atmosferyczną, rozumiemy, że nie można stosować go w postaci nieuodpornionej na korozję. Intensywność korozji żelaza w najbardziej agresywnej atmosferze przemysłowej wyraża się przyrostem grubości powłoki skorodowanej średnio około 90 μ /rok.

Na wytrzymałość mechaniczną produktów korozji żelaza nie można liczyć. Okucia żeliwne zmniejszają swą wytrzymałość mechaniczną z powodu redukcji przekroju, a ponadto — i to jest najważniejsze — powstają niepożądane luzy między nimi a materiałem, w którym są zamocowane. Zarówno pierwszy, jak i drugi skutek korozji atmosferycznej przyspieszają dalszy jej rozwój. Tego rodzaju skutki korozji w okuciach żelaznych powodują konieczność częstych remontów oraz skracają okres pracy urządzeń w elektrotechnice. Wybór powłoki ochronnej dla okuć napowietrznych był ograniczony nie tyle jej odpornością, ile ekonomicznością. W warunkach krajowych metalem ekonomicznym do pokrywania okazał się cynk z powodu względnie dużych zapasów jego złożu w kraju oraz z uwagi na prostotę pokrywania, a mianowicie „sposobem na gorąco”. Jakościowo lepszy i pewniejszy jest sposób pokrywania galwanicznego, jednak do tych celów jest za drogi. Co prawda cynk w stosunku do innych metali jest najmniej odporny na wpływy atmosferyczne. Jego intensywność korodowania w atmosferze przemysłowej wynosi średnio 7 μ /rok grubości powłoki skorodowanej. W stosunku do żelaza wykazuje on w tych samych warunkach 13 razy większą odporność. Powłoki cynkowe nakładane sposobem na gorąco cechuje nierównomierność grubości oraz szorstkość.

Mimo stosowania powłok cynkowych korozja okuć żelaznych jest zjawiskiem dość częstym. Występuje ona w miejscach rys, karbów i różnych rodzajów uszkodzeń mechanicznych, które obnażają żelazo i cynk i wystawiają je na działanie wilgoci, to jest elektrolitu. Ponieważ w tym przypadku cynk, jako metal o potencjale elektrycznym ujemnym w stosunku do żelaza, stanowi anodę, a raczej pokrycie anodowe, więc korozja wystę-

puje mniej intensywnie niż przy katodowych powierzchniach ochronnych, korozja bowiem przebiega znacznie szybciej przy większych wymiarach powierzchni katodowej. Przy pokryciach katodowych liczne karby, rysy i uszkodzenia, powstałe przy montażu, powodują dość szybkie odpadanie łuszczącej się powłoki, np. w przypadku powłok niklowych na żelazie.

4. Korozja styków Al — Cu.

Wobec konieczności ograniczania stosowania miedzi w elektrotechnice oraz napotykanych jeszcze trudności w produkcji sprzętu elektrotechnicznego wyłącznie z aluminium (nie wystarczająco dobre własności mechaniczne) konieczne stało się rozwiązanie zagadnienia styku aluminium-miedź. Istota tego zagadnienia polegała na znalezieniu takiego sposobu łączenia, żeby w obecności elektrolitu wytrącanego na metalach nie powstawały ogniwa galwaniczne. Na styku aluminium-miedź powstają nie tylko mikroelementy galwaniczne, ale stwarzają się odpowiednie warunki do występowania ogniwa w postaci makroskopowej. Układy takich ogniw można sobie przedstawić w ten sposób, że mimo najbardziej starannego docierania powierzchni stykowych nie osiągnie się zupełnego przylegania tych powierzchni do siebie i dlatego występować będą między tymi powierzchniami luzy, wypełnione elektrolitem atmosferycznym. Elementy powierzchni dociskających się wzajemnie stanowić będą połączenia zewnętrznych obwodów ogniwa. Aluminium jako metal o potencjale elektrycznie ujemnym stanowić będzie anodę, a miedź — metal o potencjale elektrycznie dodatnim — katodę. Jony metalu, stanowiącego w tym przypadku anodę, przechodzą do elektrolitu, powstaje dysocjacja elektrolitu na odpowiednie jony, które przechodzą do przeciwnych sobie biegunowo elektrod, gdzie neutralizują się elektrycznie, osadzając się w odpowiednich związkach chemicznych na ich powierzchniach.

Wydzielone na powierzchniach stykowych produkty korozji prawie zawsze podwyższają temperaturę styku w wyniku wzrostu oporności dla płynącego prądu, co jeszcze bardziej przyspiesza korozję, ponieważ z temperaturą wzrasta przewodność elektrolitu, powodując wzrost prądu korodującego. Po nagraniu się styku ponad temperaturę parowania elektrolitu korozja elektrochemiczna przejdzie w korozję gazową. Tego rodzaju procesy powodują w stosunkowo krótkim czasie niszczenie powierzchni stykowych i zupełną nieprzydatność styków do dobrego przewodzenia prądu.

5. Korozja sprzętu w pomieszczeniach o wyziewach żrących.

Szczególnie groźna w skutkach jest korozja urządzeń, aparatury i sprzętu elektrotechnicznego w pomieszczeniach o wyziewach i parach żrących, agresywnych wielokrotnie silniej niż wpływy atmosferyczne. Niszczące działanie procesu korozyjnego przebiega tu o wiele szybciej, niż w najaktywniejszym pod tym względem ośrodku atmosferycznym. Do pomieszczeń tego rodzaju zaliczyć można większość oddziałów produkcyjnych zakładów przemysłu chemicznego, magazyny i składy aktywnych chemicznie artykułów, pomieszczenia amoniakalnych urządzeń chłodniczych, urządzeń galwanizacyjnych, stajni itp. Walka z korozją w tej dziedzinie jest zagadnieniem nie dającym się rozwiązać ogólnie i wymaga w większości wypadków specjalnego rozwiązania. Jeśli w dotychczas omawianych przypadkach korozji mieliśmy do czynienia z korozją atmosferyczną, której niszczące działanie komplikuje się w zależności od składu chemicznego ośrodka atmosferycznego, czasu działania i składu chemicznego oraz struktury przedmiotów niszczonych, to w pomieszczeniach o wyziewach i parach żrących równoległe z korozją elektrochemiczną występuje korozja chemiczna. Pary roztworów chemicznych skraplają się na sprężenie elektrotechnicznym i tworzą z metalami sprzętu w warunkach atmosferycznych oddziały produkcyjnego nowe związki chemiczne, będące właśnie produktami korozji. Jakościowe występowanie tych związków będzie złożone, gdyż jest zależne od wielu czynników wynikających z mniej lub więcej skomplikowanego procesu technologicznego produkcji chemicznej. Jeśli nawet samo proces technologiczny produkcji nie cechują włas-

ności korozyjne, to pewne składniki chemiczne wydzielające się w poszczególnych jego fazach mogą w podwyższonej temperaturze, w obecności tlenu i wilgoci reagować ze sobą i tworzyć związki chemiczne lub elektrolity, atakujące intensywnie metale sprzętu elektrotechnicznego.

Projektowanie, montaż oraz konserwacja sprzętu elektrotechnicznego jest nie do pomyślenia — bez uniknięcia szkód z powodu korozji — przy braku znajomości środowiska pomieszczeń, opartej na możliwie dokładnej analizie i badaniach. Znajomość składu chemicznego atmosfery w tych wypadkach oraz dalszych czynników jest dostatecznym materiałem dla zadań projekcyjno-wykonawczych, pozwalających na odpowiedni dobór metali, konstrukcji oraz skutecznych środków ochronnych.

W praktyce przyjęło się przekonanie, że rzekomo jedynie miedź nadaje się najlepiej do wyposażania sprzętu instalacyjnego w elementy przewodzące oraz jako tworzywo na przewody, kable i szyny w środowiskach pod względem korozyjnym najaktywniejszych. Przeciwnie to jest z gruntu bezpodstawne i może wynikać jedynie z pewnych przyzwyczajęń do stosowania tego metalu, jako najlepszego pod względem przewodności elektrycznej. Potwierdzeniem tego może być stosowanie miedzi w pomieszczeniach chłodni amoniakalnych, gdzie miedź pod wpływem działania amoniaku silnie koroduje, aluminium natomiast zachowuje się zupełnie dobrze i jest bardzo odporne nawet na działanie kwasu azotowego. Bezcelowe jest zupełnie stosowanie miedzi w pomieszczeniach o atmosferze kwaśnej lub o dużej zawartości gazowych związków siarkowych, bo — poza teoretycznym uzasadnieniem — istnieją wystarczające dowody poparte badaniami i doświadczeniami praktycznymi, które potwierdzają dużą nieodporność miedzi i zupełnie wystarczającą odporność aluminium na te reagenty.

Aluminium natomiast nie nadaje się do stosowania w pomieszczeniach o atmosferze alkalicznej, zawierającej sole chlorowe lub siarczanowe. W alkalicznym ośrodku powstająca na powierzchni aluminium powłoka produktów korozji gazowej nie zachowuje własności hamujących proces korozji. Pod wpływem działania alkali powstaje reakcja ługu z tlenkiem aluminium; produkty tej reakcji z wodą dają wodorotlenki, między innymi ług wyjściowy, mogący ponownie atakować odsłonięty metal.

W fabrykach chemicznych mimo najdalej posuniętych środków ostrożności trudno jest uniknąć opryskiwania sprzętu elektrotechnicznego roztworami kwasów, soli i zasad, powodującymi korozyjne niszczenie urządzeń elektrycznych.

W wykonawstwie i montażu urządzeń elektrycznych w fabrykach chemicznych na ogół wyłącznie stosuje się hermetyczne osłony jako zabezpieczenie przed działaniem ośrodka korodującego. Praktycznie hermetyczność gwarantuje ochronę przed bezpośrednim spryskiwaniem przewodzących części urządzeń elektrotechnicznych, jak również przed przedostawaniem się łatwopalnych i korozyjnych pyłów. Osłony hermetyczne nie mogą być traktowane jako całkowite zabezpieczenie przed działaniem par i gazów, które dyfundują przez uszczelnienia pokryw i wprowadzeń. Atmosfera korodująca, chociaż z opóźnieniem, przedostaje się jednak do wnętrza i wchodzi w reakcję z metalem. Skrzynki hermetyczne stanowią więc w tego rodzaju pomieszczeniach wystarczającą ochronę przed niszczeniem materiałów kolorowych, używanych w sprężenie elektrotechnicznym, jednak pomimo tego nie można sobie pozwolić na nie stosowanie powłok ochronnych. Ważny przy tym jest również dobór materiałów na powłoki ochronne do samych skrzynek.

Hermetyczność osłon nie zapewnia jednak dobrej konserwacji styków. Stanowi to przyczynę strat wtórnych. Ochrona metali przed zniszczeniem korozyjnym jest zagadnieniem, budzącym od dawna zainteresowanie i można pod tym względem wykazać się dużymi osiągnięciami, natomiast walka z korozją styków przysparza jeszcze dużo kłopotów i trudności w dziedzinie elektrotechniki. W doborze pokrycia ochronnego na przewody, kable, szyny nie jesteśmy ograniczeni wymaganiami natury elektrycznej. Pokrycia te mogą być przewodzące lub izolacyjne; wchodzi tu w rachubę jedynie dostępność danego materiału oraz względy ekonomiczne. Natomiast pokrycia powierzchni stykowych muszą być z materiałów prze-

wodzących i odpornych na korozję. Możliwości doboru takich powłok są stosunkowo ograniczone i nie zawsze odpowiednio do stosowania we wszelkich możliwych ośrodkach korozyjnych.

W warunkach pomieszczeń o wyziewach i parach żrących korozja powoduje poważne straty poza sprzętem elektrotechnicznym w powłokach metalowych kabli i przewodów. Głównie chodzi tu o wodoszczelne powłoki ołowiane. Najważniejszym jednak zagadnieniem walki z korozją w pomieszczeniach o wyziewach żrących jest sprawa ochrony styków na złączach. Korozja styków jest bowiem przyczyną i źródłem zaburzeń ruchowych, uszkodzeń, a tym samym przyczyną strat wtórnych.

6. Zagadnienie prądów błędzących i korozji urządzeń metalowych podziemnych (sieci kablowych, kanalizacyjnych itd.).

Ziemia zawiera wilgoć, pochodzącą głównie z opadów atmosferycznych, a więc stanowiącą roztwór gazów, wchodzących w skład atmosfery, jak tlen, dwutlenek węgla, dwutlenek siarki, siarkowodór, azot, tlenki azotu, tlenek węgla i inne.

Woda wchodząca w skład gleby może być również pochodzenia źródłanego. Woda źródłana wolna jest od zanieczyszczeń mechanicznych, stanowi jednak dostatecznie nasycony roztwór rozpuszczalnych składników gleby. W ziemi zatem warunki występowania procesów korozyjnych są wielokrotnie korzystniejsze. Procesy korozyjne w ziemi mogą mieć charakter galwaniczny (mikroelementy, których obecność uwarunkowana jest zanieczyszczeniem metalu), elektrolityczny (prądy błędzące), chemiczny (bezpośrednie działanie reagentów). Wilgoć ziemi stanowi pod względem jakościowym i ilościowym całą gamę elektrolitów, różniących się składem chemicznym i koncentracją.

Korozja prądów błędzących w ziemi występuje wskutek siły elektromotorycznej, doprowadzonej z zewnątrz prawie wyłącznie wskutek spadku napięcia, występującego w trakcji elektrycznej między szyną służącą za przewód powrotny a biegunem źródła prądu. Intensywność korodowania zależy od wielkości prądów błędzących. Ważnym czynnikiem, decydującym o korozji prądów błędzących, jest oporność ziemi uwarunkowana chemicznym składem gleby. Najaktywniejsze pod tym względem są gleby gliniaste, iły i torfy. Prądy błędzące są źródłem poważnych uszkodzeń i zniszczeń w metalowych konstrukcjach ziemnych, rurociągach, pancerzach i ołowianych powłokach kablowych. Trwałość wymienionych sieci komunikacyjnych jest wskutek działania prądów błędzących bardzo poważnie zmniejszona.

Na korozję prądów błędzących narażone są powierzone, z których odgałęzione prądy przechodzą do ziemi. Nazywa się je dlatego powierzchniami anodowymi. Powierzchnie, przez które prądy błędzące wchodzi z ziemi do metalu, stanowią katody. Powierzchnie anodowe i katodowe będą mieć zarówno szyny trakcyjne, jak i metalowe elementy komunikacyjnych sieci podziemnych. Anodowe miejsca będą podlegały intensywnemu niszczeniu. Niszczące działanie prądów błędzących ilustruje fakt, że prąd o natężeniu 1 A powoduje w ciągu roku korozję 10 kg Fe, 11 kg Cu i 37 kg ołowiu. Korozja ołowianych powłok kablowych jest szczególnie niebezpieczną, ponieważ może przybrać postać międzymetaliczną. Skorodowanie nieznacznej ilości metalu doprowadza do poważnego uszkodzenia kabla. Spadek napięcia pomiędzy szyną a rurą lub powłoką kablową zależy od przewodności szyny, położenia rurociągu względem toru trakcyjnego, przewodności gleby i innych wielkości. Prądy błędzące osiągają niekiedy wyjątkowo duże natężenia (na obszarze New Yorku po rurze wodociągowej o średnicy 6 cali w godzinach szczytowego obciążenia trakcji elektrycznej przepływał prąd 70 A).

Prądy błędzące mogą również powodować dużo szkód w zbrojeniu betonu, szczególnie jeśli podczas przygotowywania betonu w zimie, dodaje się soli chlorkowych dla obniżenia temperatury zamarzania. Beton staje się wówczas przewodzącym, a występujące przy przepływie prądu jony chloru powodują rozkład powłoki ochronnej, powstałej na żelazie z powodu alkaliczności cementu. Prócz tego powstający w wyniku korozji chlorek żelaza wchodzi w reakcję z alkaliamentami cementu, dając hydratyzację

tlenków żelaza o zwiększonej objętości. Wskutek wzrostu objętości pęka beton, co doprowadza korozję do katastrofalnych rozmiarów. W USA stwierdzono wiele wypadków zawalenia się z tego powodu budynków i mostów żelazobetonowych.

Prądy błędzące mogą pojawiać się nie tylko na obszarach sieci tramwajowych lub kolejowych. Słaby stan izolacji sieci prądu stałego w pomieszczeniach fabrycznych również powoduje znaczne upływy do ziemi, stwarzając lokalne źródło prądów błędzących, które przy sprzyjających warunkach stają się przyczyną korozji rurociągów, wanień, aparatury i innych elementów wyposażenia fabrycznego.

W urządzeniach podziemnych prócz korozji z powodu prądów błędzących ma się często do czynienia z korozją powodowaną różnicami w dostępności tlenu. Tego rodzaju korozję można odtworzyć w warunkach laboratoryjnych. Wystarczy pobrać odcinki płaszczy kablowych, zanurzyć je w naczyniach z roztworem soli, kwasów, zasad o różnych stężeniach i naczynia te szczelnie zamknąć. Zanurzenie próbek winno być częściowe, a ustawienie ukośnie. Po 15 miesiącach można stwierdzić obecność produktów korozji na częściach niezanurzonych, to jest w miejscach, gdzie dostęp tlenu jest intensywniejszy.

Doskonałym przykładem korozji galwanicznej są uszkodzenia kabla telefonicznego, położonego w kanałach cementowych. Elektrolitem w tym przypadku jest wodorotlenek wapnia ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), a elektrodami domieszki i zanieczyszczenia w ołowiu i sam ołów. Korozja galwaniczna wzrasta do niepokojących rozmiarów, gdy w skład ołowiu wchodzi domieszka antymonu. Wynika to ze znacznej różnicy potencjałów normalnych między twardym roztworem ołowiu i rozproszonymi w nim drobinami antymonu.

Aczkolwiek fenol i CO_2 nie atakują wyraźnie ołowiu, jednak zaobserwowano występowanie korozji płaszczy ołowianych w kablach, które były położone w ziemi zawierającej CO_2 i były obandażowane jutą przesyconą fenolem. W przypadku tym nasuwa się przypuszczenie, że fenol działa jako katalizator i powoduje tworzenie się węglanu ołowiu z ołowiu i CO_2 . W rezultacie tej reakcji chemicznej płaszcz ołowiany ulega osłabieniu i poddaje się naprężeniom ściskającym, ponieważ węgiel ołowiu ma większą objętość od czystego ołowiu, a pancerz stalowy ogranicza powiększenie objętości płaszcza. Wskutek tego na płaszczech powstają zagłębienia (jasnożółte plamy), rysy i dziury. W miejscach tych powstają warunki do występowania zwarć i kompletnego zniszczenia tych odcinków kabla. Z przytoczonego przykładu korozji chemicznej należałoby wysnuć wniosek, że nie można układać kabli bandażowanych jutą, nasyconą fenolem, w ziemi zawierającej bezwodnik węglowy, który przedostaje się do ziemi podczas opadów deszczowych, a więc którego najwięcej będą zawierały gleby i tereny przyfabryczne, miejskie i podmiejskie, na obszarach przemysłowych itd.

7. Korozja materiałów oporowych grzejnych.

Ponieważ szybkość reakcji zwiększa się ze wzrostem temperatury, więc w grzejnictwie przy wysokich temperaturach zjawiska niszczenia przebiegają bardzo szybko. W niższych temperaturach — nawet w granicach 300 — 400°C — przebieg jest o tyle wolny, że nie pociąga za sobą jaskrawych zniszczeń w elementach grzejnych.

Według temperatur roboczych elektryczne przyrządy grzejne można podzielić na grzejniki i piece.

W dziedzinie grzejników mamy do czynienia z temperaturami 100 — 900°C. Dla temperatur roboczych do 500°C stosuje się jako materiał izolacyjny mikię (muskowit lub flogopit). Wydzielanie się wody krystalicznej przy zbyt wysokim podgrzaniu prowadzi czasem do zaatakowania i zniszczenia grzejników tam, gdzie elementy grzejne są ze stopu chromoniklowego (85% Ni i 15% Cr) lub ze stopów żelazo-chrom-aluminium. Stosowany również azbest zawiera zanieczyszczenia piryty (FeS_2), który w wysokich temperaturach przechodzi w FeS , oddając siarkę. Siarka jest bardzo szkodliwa dla stopów chromoniklowych i sprzyja korozji elektrolitycznej w temperaturze 100 — 400°C, a więc stanowczo należy unikać zanieczyszczeń pirytowych. Przy produkcji sznurów azbestowych z włókna pozostają w nich pewne zanieczyszczenia chemiczne.

kaliami, które w wilgoci tworzą elektrolity. W nie osłoniętych grzejnikach domowego użytku niepożądane jest wykipianie podgrzewanych płynów. Przy kipieniu potraw, zawierających sole, zanieczyszcza się płyta grzejna i ulega korozji. Dużą odporność na wpływ szkodliwych roztworów wykazuje 18-procentowa stal chromowa o bardzo małym zanieczyszczeniu węglem.

W piecach elektrycznych występują znacznie wyższe temperatury robocze, a więc procesy niszczenia przebiegają szybciej i intensywniej niż w grzejnictwie. W temperaturach 1000 — 1350°C opory ze stopów chromoniklowych i żelazo-chromoniklowych atakowane są przez większość materiałów ognioodpornych. Dla mocno obciążonych elementów grzejnych, szczególnie ze stopu żelazo-chrom-aluminium, godny zalecenia jest „kamień szamotowy” o stosunkowo dużej zawartości Al_2O_3 (najmniejsza zawartość tego tlenku wynosi od 42 do 44%, resztę stanowi krzemionka SiO_2).

Specjalną uwagę należy poświęcać materiałowi ognioodpornemu tam, gdzie występują wysokie napięcia. Spirala grzejna ze stopu 30% Cr, 5% Al, reszta żelazo, pracująca przy 1300°C na kamieniu szamotowym, a zawartości tylko 35% Al_2O_3 ulega szybko zniszczeniu. Często w budowie pieców elektrycznych używana tzw. ziemia okrzemkowa, zawierająca 0,1—2% siarki (nieraz więcej), powoduje niszczenie elementów grzejnych. Zawartość siarki dochodzi, jak stwierdzono, niekiedy do 14,5%. W piecach elektrycznych do wyżarzania stali tworzy się zgorzelina (zendra), która nigdy nie powinna się stykać z oporami grzejnymi, ponieważ przez to znacznie obniża się punkt topliwości odpornej na żar warstwy ochronnej elementu grzejnego i następuje jego oksydacja. Duże niebezpieczeństwo korozji grozi oporom grzejnym i metalowym częścią pieca ze strony stykających się z nimi materiałów płynnych, jak stopione sole lub metale. Stopione sole rozpuszczają tlenki ciężkich metali, a więc również chromoniklu, co uniemożliwia powstanie ochronnej warstwy tlenku. Najbardziej odporne na działanie stopionych soli okazało się czyste żelazo i czysty nikiel. Tyle żelazne należą do najstarszych i są najłatwiejsze do wymiany. Roztopione aluminium, cyna i cynk atakują stopy chromoniklowe i żelazo-chromoniklowe. Stopy te są odporne na działanie ołowiu. Najniebezpieczniejsze dla grzejnych oporów piecowych jest działanie chemiczne gazów aktywnych.

Korodowanie metali w wysokich temperaturach pod wpływem działania gazów objęte jest nazwą korozji gazowej. Doboru metali i ich stopów do pracy w tych warunkach dokonuje się na podstawie dwu połączonych własności, a mianowicie odporności na żar pod względem wytrzymałościowym i odporności na żar pod względem korozyjnym.

Zjawisko korozji gazowej w wysokich temperaturach polega na utlenianiu się metali wskutek obecności w powietrzu tlenu, CO_2 , CO i innych produktów gazowych spalania ciał. Proces utleniania sprowadza się do reakcji metal + tlen, dającej w rezultacie tlenek metalu. Reakcja ta może przebiegać w obu kierunkach, tzn. metal może się utleniać, ale również tlenek znajdujący się już na metalu rozkłada się na swobodny metal i tlen. Kierunek reakcji zależy od ciśnienia roztwórczego w danej temperaturze: jeśli ciśnienie to jest małe, występuje utlenianie metalu; jeśli jest duże, powstałe na metalu tlenki ulegają rozkładowi.

Zachowanie się w gazach metali technicznie ważnych w elektrotechnice, jak Cu, Al, Fe, Ni, jest rozmaite. Nikiel koroduje silnie w atmosferze SO_2 , miedź zaś najmniej silnie koroduje w atmosferze O_2 i w wysokich temperaturach. Powłoka korozyjna na aluminium w temperaturze w 300°—600°C osiąga ostateczną grubość dość szybko i później nie występują żadne zmiany na powierzchni tego metalu. Grubość powłoki przy 600°C wynosi 2000 Å. Szybkie zatrzymanie się procesu korozji aluminium w wysokich temperaturach tłumaczy się tym, że Al_2O_3 przechodzi w inną modyfikację strukturalną o dużych własnościach ochronnych.

Miedź koroduje w licznych ośrodkach gazowych znacznie wolniej niż żelazo. Prócz tlenu silną korozję wywołują SO_2 i H_2S . Dwutlenek węgla praktycznie nie działa na Cu. Azot na ogół nie jest aktywny w stosunku do miedzi w wysokich temperaturach. Wodór, a tak-

że gazy zawierające swobodny wodór nadają miedzi w temperaturach ponad 400°C szczególne własności, a mianowicie powodują tzw. chorobę wodorową, inaczej wodorową kruchość miedzi. W temperaturach powyżej 400°C i w atmosferze wodoru miedź staje się bardzo krucho i nie wytrzymuje obciążeń dynamicznych. Zmniejszają się tu siły, łączące poszczególne kryształy metalu. Istota zjawiska polega na tym, że wodór powoduje rozkład tlenków miedzi, które na ogół zawsze występują w technicznej miedzi w postaci małych ziareł na granicach kryształów według reakcji $\text{Cu}_2\text{O} + \text{H}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + 2\text{Cu}$. Wywiązująca się z reakcji woda przechodzi w wysokich temperaturach w parę, która powoduje zmniejszenie spistości kryształów.

8. Inne przykłady korozji w elektrotechnice.

Korozja gazowa rozciąga swój niszczący wpływ również na drucik wolframowy w żarówkach a.c.h. Wolfram okazuje podatność na korozję w otoczeniu tlenu i SO_2 . W parach H_2O i CO_2 ulega temu procesowi bardzo nieznacznie. Drucik wolframowy w żarówkach koroduje wskutek niedoskonałości próżni, a w żarówkach napełnionych gazami obojętnymi wskutek niedostatecznej czystości tych gazów lub też niezupełnego opróżnienia przed napełnieniem. Ponadto w wysokiej temperaturze, którą osiąga drucik, następuje rozpylanie się, parowanie wolframu. W próżni powyżej temperatury 2360°K szybkość rozpylania się wolframu gwałtownie wzrasta. Dla uzyskania wystarczającej trwałości żarówki nie można w żarówkach próżniowych dopuścić temperatury druczka powyżej 2360°K. W wyniku korozji zachodzi tu również proces erozyjny.

Korozja w przyrządach i aparatach może powodować obok strat czysto materiałowych pogorszenie ich dokładności i zdolności pracy. Dlatego w przyrządach elektrycznych korozja, chociaż nie niszczy doraźnie części niezbędnych do ich funkcjonowania, jednak poważnie skracając czas ich pracy. Również przy sondach pomiarowych, jak termometry oporowe, analizatory gazowe, których zmiana oporu lub napięcia jest podstawą do oznaczenia mierzonej wielkości, zagadnienie korozji jest bardzo ważne, ponieważ wymiary tych elementów są bardzo małe. Elementy te powinny być osłanianie materiałami ochronnymi.

Przy wadach izolacji drutów nawojowych cewka otrzymuje potencjał względem uziemionego rdzenia. Przy dodatnim potencjale cewki możliwa jest korozja, powodowana prądami upływowymi. Dlatego istnieje przepis, że urządzenia telefoniczne CB powinny mieć uziemiony biegun dodatni.

Podobnie korozja występuje w wałach turbozespołów wskutek wad izolacji uzwojenia wirnika. Prądy upływowe wracają do źródła przez czoły łożyskowe, korodując je. Korodowanie czopów łożyskowych eliminuje się przez odprądzenie prądów upływowych za pomocą szczotki uziemionej, zaizolowanej na końcu wału turbiny.

Zagadnieniem wyjątkowo obszernym i ważnym jest korozja w urządzeniach energetycznych, jak w kotłach parowych, turbinach wodnych i parowych, skraplaczach, pompach i przewodach wodnych.

Korozja w kotłach parowych może osiągać wszelkie możliwe formy i odmiany. A więc rury i walczaki poddane są działaniu gazów w wysokich temperaturach oraz chemicznym wpływom wypraw murarskich komór paleniskowych. Wewnętrzne ścianki rur i walczaków narażone są na różnorodne działania chemiczne, powstające pod wpływem składników chemicznych wody zasilającej. W energetyce walkę z tym szkodliwym procesem podjęto od dawna i z dużym powodzeniem. Procesy są tu obecnie dostatecznie opanowane jakościowo i ilościowo, dzięki czemu możliwe jest stosowanie wystarczająco dobrych środków ochronnych.

Zupełnie słusznie zwrócona została uwaga na przygotowanie wody zasilającej kotły. Wodę przed wprowadzeniem jej do kotłów poddaje się szeregowi procesów przygotowawczych, jak wytrącanie roztworów koloidalnych w odstożnikach, mechaniczne oczyszczanie w filtrach zwirowych, usuwanie twardości przemijającej węglanowej (dekarbonizacja), usuwanie twardości stałej w filtrach permutytowo-zeolitowych, odgazowywanie itp. W tej dziedzinie ustalono dokładne receptury składu

chemicznego wody zasilającej pod względem dopuszczalnej koncentracji składników, wywołujących korozję.

Korozja turbin parowych pozostaje przyczynowo w ścisłym związku z jakością wody kotłowej, albowiem składniki chemiczne wody kotłowej przechodzą z parą do turbin i działają na łopatki. Produkty korozji, poddane działaniu sił odśrodkowych, wywołują dodatkowe działanie erozyjne na łopatki wirników, a istnieje trudność powstawania trwałych i ciągłych powłok ochronnych z produktów korozji.

W sprawie korozji w kotłach należy zwrócić uwagę na tzw. zjawisko kruchości kaustycznej żelaza i stali. Ma ono w praktyce bardzo ważne znaczenie, gdyż stwarza poważne niebezpieczeństwo dla kotłów parowych wysokiego ciśnienia i aparatury chemicznej, stykającej się z roztworami alakalicznymi, zwłaszcza przy wyższych temperaturach i ciśnieniach. Współczesne metody przygotowania wody kotłowej dopuszczają z tego względu bardzo małą pozostałość składników alkalicznych, należy więc zwracać uwagę na naturalną alkaliczność wód w wielu okolicach. Węglan sodu w wodzie kotłowej przy wyższych temperaturach i ciśnieniach przechodzi w żrący ług sodowy. W warunkach pracy kotła działanie alkaliczne na żelazo doprowadza do wydzielania wodoru i ferrytu sodu (Na_2FeO_2). Poważną rolę w tym przypadku odgrywają naprężenia w kotle. Proces występuje przeważnie na granicach między kryształami żelaza, będącego pod naprężeniem. Walka z kaustyczną kruchością żelaza i stali kotłowej sprowadza się do wyboru odpowiednich materiałów konstrukcyjnych i odpowiedniego przygotowania wody zasilającej. Kruchość występuje w stali o dużej zawartości azotu. Dobrze odporne są na kruchość kaustyczną stale o zawartości niklu od 3 do 5%. W celu zmniejszenia podatności do występowania kaustycznej kruchości żelaza i stali dodaje się siarczanu sodu do wody zasilającej, ponieważ wtedy przy osiągnięciu niebezpiecznej koncentracji alkali, tworzą się osady siarczanów w szczelinach i szwach, które chronią metal od działania alkaliów. Zastąpienie węgla sodowego fosforanem sodowym daje również dodatnie pod tym względem wyniki.

Korozja w skraplaczach jest jaskrawym przykładem korozji elektrochemicznej w energetyce cieplnej. W praktyce konstrukcyjnej przyjęło się stosowanie rurek mosiężnych w skraplaczach powierzchniowych z uwagi na ich względnie dobre własności wytrzymałościowe i dobre przewodnictwo cieplne. Korozja w skraplaczach występuje w miejscach, w których rurki chłodzące są wkrecone lub zawalcowane w żeliwne dennie i występuje w postaci stosunkowo głębokich wżerów w ściankach oraz wyraźnego niszczenia gwintów i powierzchni

dennic w najbliższym sąsiedztwie otworów na rurki. W rezultacie tego niszczącego procesu występują trudności z uszczelnianiem przestrzeni wodnej względem przestrzeni parowej.

Dalszym przykładem zniszczeń korozyjnych w elektrotechnice jest bardzo uciążliwa korozja styków ruchomych w szeregu urządzeń i aparatów elektrycznych, jak wyłączniki, odłączniki, komutatory i pierścienie ślizgowe maszyn elektrycznych oraz styki ruchome przekładników, urządzeń automatycznych i samosterujących. W warunkach pracy styków ruchomych następstwem korozji jest ich ułatwiona erozja. Korozja styków ruchomych jest w zasadzie pod względem formy korozją gazową, występującą w obecności łuku elektrycznego, stwarzającego wysoką temperaturę. Straty powodowane korozją i erozją styków są plagą urządzeń o stykach ruchomych. Szybkie niszczenie styków przysparza wiele kłopotów i trudności eksploatacyjno-ruchowych.

Korodowanie drutów miedzianych wskutek zawartości siarki w gumowych powłokach izolacyjnych zmusza przemysł kablowy do pokrywania drutów cyną, odporną na działanie siarki. Jak wiadomo, obecność siarki w mieszaninie gumowej na powłoki izolacyjne wiąże się z procesem wulkanizowania gumy. Siarka, atakując miedź, stwarza na powierzchni żyły przewodu warstewkę siarczku miedzi mało odporną mechanicznie i o słabych wartościach ochronnych, nie pozwalających na wydajne zahamowanie tego procesu. Proces działania siarki na miedź stale posuwa się w głąb, chociaż w tempie coraz wolniejszym. Jest to szczególnie niebezpieczne dla drutów cienkich, gdyż w stosunkowo krótkim czasie doprowadza łatwo do uszkodzeń mechanicznych, do przerw w żyłach przewodu. Ten rodzaj korozji komplikuje produkcję przewodów, gdyż pociąga za sobą zużywanie cyny.

Intensywne działanie siarki na miedź w podwyższonych temperaturach, a więc w przypadku przewodów elektrycznych, występuje podczas eksploatacji. Skutki tego procesu są oczywiste: redukcja przekroju czynnego, gorsze własności mechaniczne i elektryczne, podatność do uszkodzeń, straty wtórne i skrócony okres pracy instalacji.

LITERATURA

- A k i m o w G. W. Osnovy uczenia o korozji i zaszcite mietalłow
A k i m o w G. W. Tieoria i mietody issledowanja korozji mietalłow
Niektóre zagadnienia z trakeji elektrycznej. Praca zbiorowa. Warszawa, 1950
E v a n s U. R. Corrosion und Metallschutz
N i e w i a d o m s k i C. Aldrej jako materiał na przewody napowietrzne. Przegl. Elektr., 949, z. 4/5/6, str. 98
P a j e w s k i K. Walka z korozją metali

PRZEGLĄD CZASOPISM

MONTAŻ TAŚMOWY W PRODUKCJI DROBNOSERYJNEJ

S o l d a t o w I. T. i Z a l c A. S. Konwiejerna sorka w mietkoserijnom proizwodstwie (Miechaniz, trudojomk. i tiazoł. rabot, 1952, 3, str. 42)

Potokowa metoda montażu stosowana jest celem zmniejszenia ogólnego nakładu pracy w produkcji przemysłowej. Panuje przy tym błędne mniemanie, że przy produkcji o charakterze drobnoseryjnym i przy dużej różnorodności wyrobów nie można stosować montażu taśmowego. W przedsiębiorstwach tego typu montaż pochłania 30% ogólnego nakładu pracy, przy czym montaż wykonywany jest przeważnie ręcznie, nawet tam, gdzie wyrób części jest w dużym stopniu zmechanizowany.

Montaż indywidualny tym przede wszystkim różni się od taśmowego, że przy pierwszym jeden robotnik wykonuje szereg złożonych czynności przy trudnej ich mechanizacji, podczas gdy w taśmowym większość czynności montażowych jest rozbita na operacje proste, zmechanizowane. Uzyskuje się w ten sposób znaczne podwyższenie wydajności pracy.

Jako przykład wprowadzenia nowej metody montażu można przytoczyć moskiewską fabrykę „Fizelektropribor“, produkującą dziesiątki typów różnych aparatów i przyrządów w seriach od 500 do 3000 sztuk miesięcznie. Do

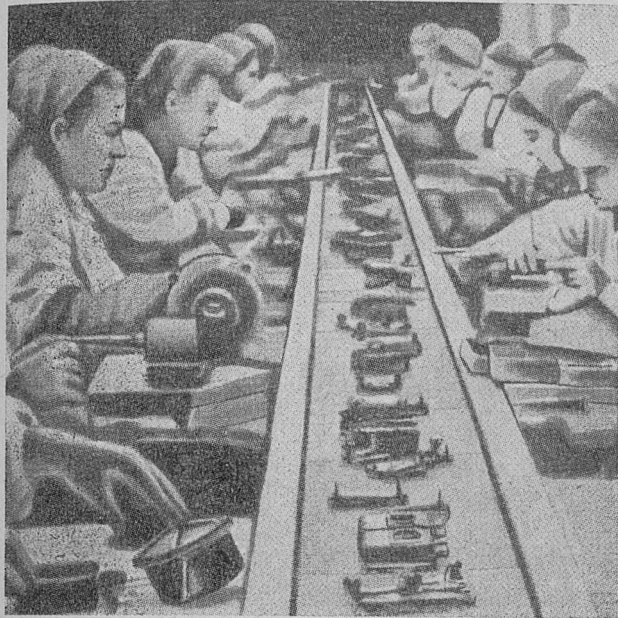
roku 1951 zakład ten, produkujący galwanometrię, prądniczkę, aparaty telegraficzne, mikrofony i inne przyrządy dla szkół i instytucji, zatrudniał przy montażu 35% ogółu pracowników produkcyjnych, przy czym montaż był „wąskim gardłem“ w produkcji.

W roku 1951 montaż przedstawiono z indywidualnego i półpotokowego na taśmowy, organizując pracę przy taśmie w sposób nazwany przez autorów projektu metodą taśmy zmiennogrupowej (rys. 1).

Przenośnik taśmowy o długości 15 m obsługuje pracowników siedzących z obu stron taśmy twarzą do niej. Szerokość jednego stanowiska wynosi 0,75 m. Przy wydzieleniu na stanowiska kontrolne i rezerwowe 10% rozporządzalnej długości otrzymuje się 36 stanowisk roboczych. Taśma montażowa zajmuje 72 m² przestrzeni produkcyjnej użytecznej. Powierzchnia, przypadająca na jedno stanowisko robocze, wynosi 0,9 m² (rys. 2) w porównaniu z 1,54 m² powierzchni, zajmowanej przy montażu indywidualnym. Prędkość przesuwu taśmy, poruszającej się ruchem ciągłym, wynosi w fabryce moskiewskiej 0,7 m/min.; w innych fabrykach zastosowano z powodzeniem analogiczne taśmy montażowe z przesuwem 1 do 3 m/min.

Przy systemie zmiennogrupowego montażu taśma obsługuje kilka grup pracowników, z których każda montuje inny przedmiot. Powierzchnia taśmy podzielona jest

na różnobarwne odcinki, przy czym stanowiska montażowe jednej grupy posługują się odcinkami taśmy o tej samej barwie. Stanowiska montażowe są bogato wyposażone w narzędzia i pomoce warsztatowe, dostosowane do technologii montażu danego artykułu i zmieniane wraz ze zmianą planu produkcyjnego.



Rys. 1.

Szeroko zostały zastosowane śrubokręty elektryczne i silniczki o mocy do 0,3 kW ze specjalnymi uchwytami do wkręcania sworzni gwintowanych (rys. 3). Zastosowanie takiego przyrządu przy wkręcaniu sworzni w ręczkę klucza telegraficznego pozwoliło na skrócenie czasu operacji z 0,6 min. do 0,25 minuty przy jednoczesnym

znacznym zmniejszeniu wysiłku robotnicy. Wprowadzenie zmienno-grupowego montażu doprowadziło również do znacznego skrócenia czasu montażu. Np. przy dawnej metodzie montażu półpotokowego aparat telegraficzny montowany był w

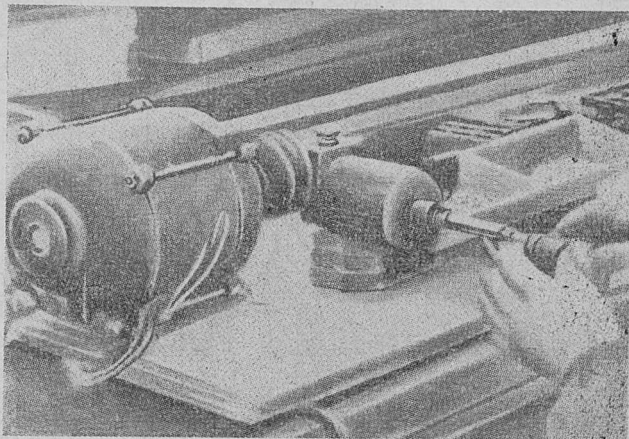
czterech operacjach, a sumaryczny czas montażu wynosił 1,13 godz. Na taśmie montaż rozdzielono na 14 czynności, wykonywanych łącznie w czasie 0,85 godz. Analogicznie dla amperomierza: dawniej 5 operacji, sumaryczny czas 0,76 godz.; obecnie 15 operacji, łączny czas 0,514 godz. Po wprowadzeniu taśmy wskaźnik wartości produkcji z 1 m² powierzchni wzrósł z 5350 rub./m² rok na 6950 rub./m² rok, tj. o 30%. Jednocześnie dzięki uzyskaniu wolnej przestrzeni można było poprawić ogólne warunki higieny pracy.

Zastosowanie nowego systemu montażowego przyspieszyło znacznie obieg środków obrotowych, gdyż czas przebywania

dawana jest w ciągu 1 do 2 dni zależnie od wielkości serii.

Wprowadzenie taśmy wpłynęło na poprawienie jakości produkcji. Braki czy błędy, popełniane przy poszczególnych stanowiskach, wykrywane są nie tylko na rozdzielonych stanowiskach kontroli, ale i na następnych stanowiskach montażowych. Łatwe jest wobec tego wykrywanie uchybień i zapobiegawcze wpływanie na ich usunięcie. Przy montażu indywidualnym dopiero po oddaniu całodzienniej produkcji jakościowa kontrola techniczna wykrywała braki i błędy, po czym zwracano na stanowisko montażowe niejednokrotnie całą partię wyrobów. Naprawianie błędów było wówczas trudne lub nawet niemożliwe.

Zastosowanie taśmy zmusiło kierownictwo warsztatowe do wprowadzenia planów miesięcznych oraz dziennych i poprawiło pracę oddziałów przygotowawczych i mechanicznych. Przyjęto, że oddziały mechaniczne



Rys. 3.

i przygotowawcze dostarczają gotowe części do rozdzielni montażu na 2 do 3 dni przed ich planowanym wejściem na taśmę montażową. W rozdzielni montażu znajduje się stały zapas części, wystarczający do zasilania taśmy montażowej w ciągu 3 do 5 dni. W ten sposób zapewniona jest rytmiczność pracy zarówno poszczególnych oddziałów, jak i całej fabryki. Wprowadzenie taśmy montażowej przy tak różnorodnej produkcji podwyższyło wydajność pracy działu montażowego o 30%, a zarobki robotnic działu montażowego ponad 10%; koszty własne uległy obniżeniu więcej niż o 20%.

Powyższy przykład wskazuje, że taśmowy montaż zmienno-grupowy nadaje się do wprowadzenia w przedsiębiorstwach o dużym asortymencie wyrobów różniących się konstrukcją i technologią montażu.

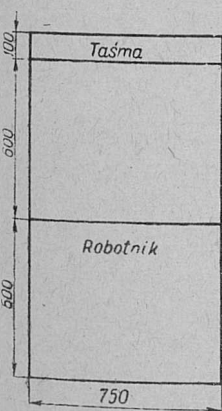
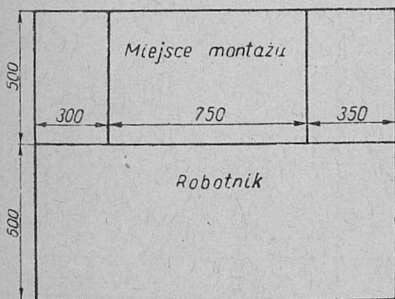
APARATY DO DOKŁADNEGO ODPYLANIA SPALIN

Alperowicz M. A. i Użow W. N. Nowyje otieczestwiennye apparaty dla gubokoj oczystki dymowych gazow ot zoły (Elektr. Stancji, 1951, nr 9, str. 7—10)

Zjednoczenie „Gazooczistka” wypuściło nowy typ aparatów do dokładnego odpylania spalin (rys. 1). Typ ten (DWP — 4 × 19) zastosowano do odpylania spalin kotła na 200 t/h. Każda z czterech jego sekcji składa się z umieszczonego w jednym kadłubie multycyklonu ze 160 elementów o średnicy 250 mm (rys. 2) oraz pionowego filtru elektrostatycznego, z elektrodami płaskimi kieszeniowymi, długości 6430 mm (rys. 3).

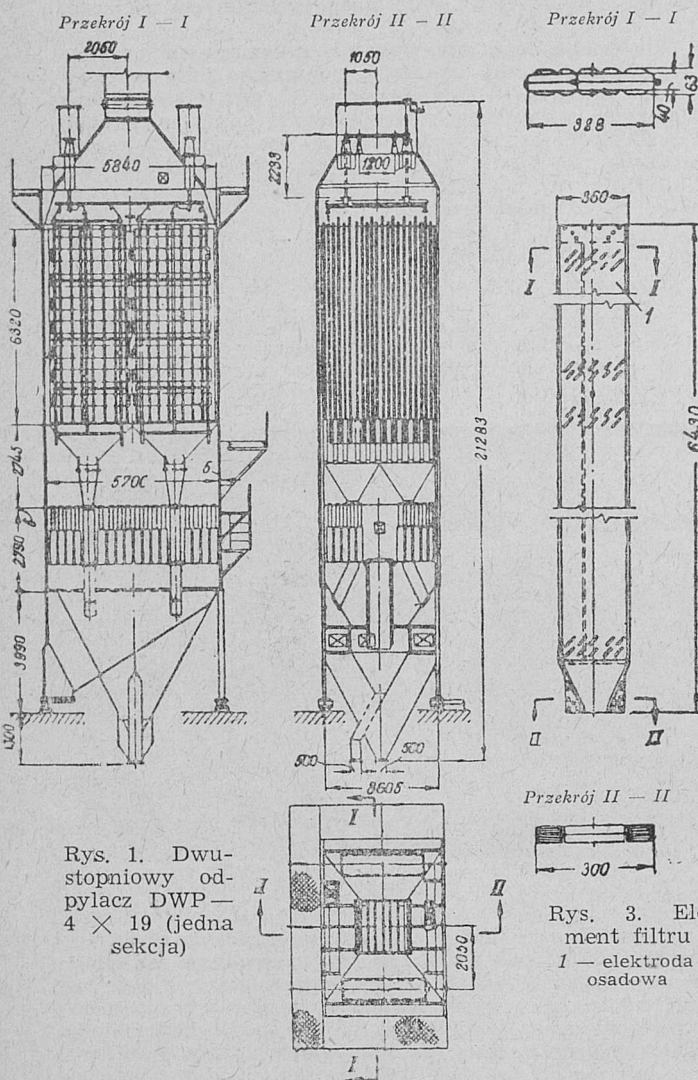
Dane odpylacza według projektu:

Wydajność	450 · 10 ³ m ³ /h
Temperatura spalin	180 ÷ 200 °C
Liczba elementów w multycyklonie	4 × 160 = 640
Czynny przekrój filtru elektrostatycznego	4 × 19 = 76 m ²
Czynna długość katod ulotowych	4 × 1780 = 7120 m
Opór hydrauliczny multycyklonu	49
Opór hydrauliczny elektrofiltru	8,4
	57,4 mm sł. wody



Rys. 2.

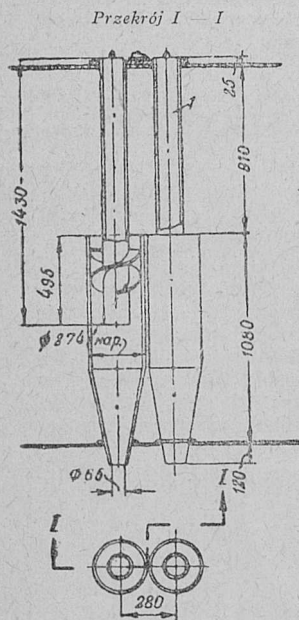
części w rozdzielni i montażu uległ skróceniu z 20—25 dni do 4—5 dni. Przy poprzednim systemie produkcji gotowe aparaty wszystkich typów wpływały do magazynu wyrobów gotowych w ciągu całego miesiąca, obecnie zaś miesięczna planowa produkcja każdego wyrobu od-



Rys. 1. Dwu-
stopniowy od-
pylacz DWP—
4 × 19 (jedna
sekcja)

Rys. 3. Ele-
ment filtru
1 — elektroda
osadowa

Prędkość spalin w filtrze 1,82 m/s
Liczba zespołów prostowniczych AF-18 4 robocze, 1 rezerwowy



Rys. 2. Elementy mul-
tycyklonu

P o b ó r m o c y :

Na pokonanie o- poru multycyklonu	60	
Na pokonanie o- poru filtru elek- trostatycznego	10,3	138,3 kW
Na zasilanie filt- ru elektrosta- tycznego	64	
Na wstrząsy elek- trod	4	
CieŜar konstruk- cji stalowej	327,4 t	
Sprawność	97%	

Odpylacz wypróbowano w eksploatacji przy pracy kotła na 200 t/h na chudym węglu donieckim o zawartości popiołu 13,5% oraz wartości opałowej 6800 kcal/kg. Paliwo było mielone w młynach kulowych do 8—9% pozostałości na sicie 70. Zawartość pyłu w spalinach przed odpylaczem wynosiła 11—18 g/Nm³, zawartość części palnych w pyłe 10—20%, średnio 12%.

W y n i k i e k s p l o a t a c j i :

Prędkość spalin w polu elektrycznym	0,9 — 2,0 m/s
Czas przebywania spalin w polu elektrycznym	7,0 s
Temperatura spalin na wejściu do odpylacza	170 — 180 °C
Temperatura spalin na wyjściu z odpylacza	155 — 166 °C
Napięcie pierwotne transformatora AF-18	260 — 290 V
Natężenie prądu jednej sekcji	65 — 153 mA
Jednostkowe natężenie prądu	0,036 — 0,086 mA/m
Opór hydrauliczny multycyklonu	38 mm sł. wody
Całkowity opór hydrauliczny odpylacza	50 — 70 sł. wody
Sprawność multycyklonu	76,6%
Sprawność filtru elektrostatycznego	95,7%
Sprawność odpylacza	98%.

Granulacja pyłu wydzielonego w odpylacz przedstawiona jest w tabl. I. Zużycie energii na oczyszczenie 1000 Nm³ spalin wynosi:

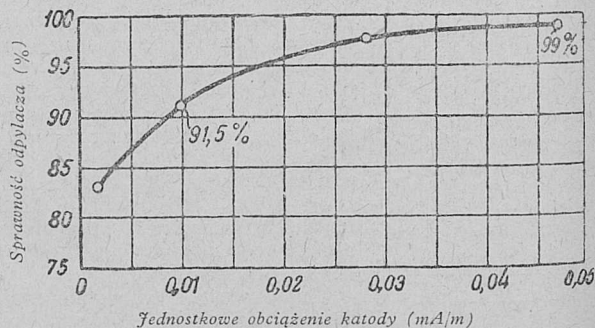
na zasilanie filtrów elektrostatycznych	0,122 kWh
na pokonanie oporów hydraulicznych	0,28 kWh
razem	0,402 kWh
na transport zassanego (15%) powietrza	0,255 kWh
	0,657 kWh

Powietrze było zasysane przez rękawy spustowe odpylacza nie posiadające zamknięcia wodnego. Zależność stop-

Tablica I. Granulacja pyłu

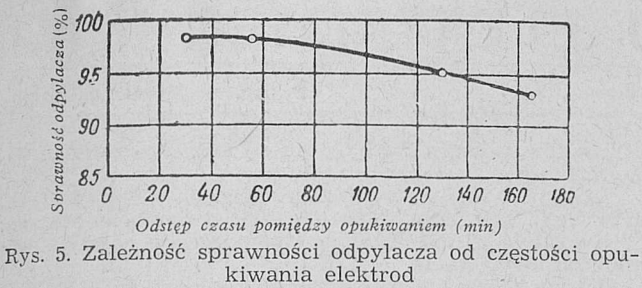
Wielkość cząstek (μ)	Pył uchwytiony przez	
	multycyklony (%)	elektrofiltr (%)
0 — 6	2,8	20,1
6 — 10	10,9	17,4
10 — 15	6,6	12,0
15 — 20	13,9	10,6
20 — 30	12,9	12,4
30 — 40	15,6	12,2
40 — 60	17,5	8,5
60 — 90	12,3	4,2
powyżej 90	7,5	2,6
Razem	100,0	100,0

nia oczyszczenia spalin od jednostkowego natężenia prądu katod podaje wykres na rys. 4, a od częstości opukiwania elektrod — wykres na rys. 5.



Rys. 4. Zależność sprawności odpylacza od jednostkowego obciążenia katody

Wobec wielkiego wpływu jednostkowego natężenia prądu katod czyniono próby zwiększenia tego prądu przez podniesienie napięcia. Granicę stanowiły przeskoki mię-



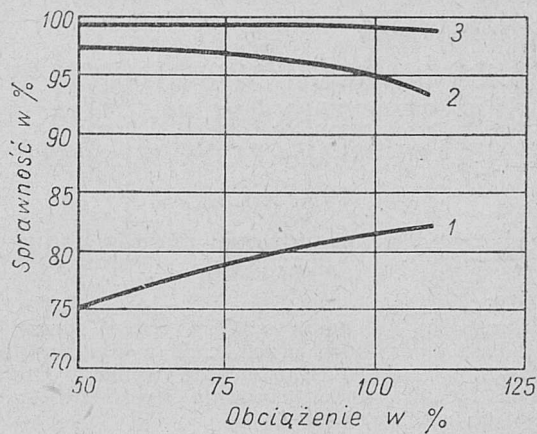
dzy elektrodami. Poprawę da się osiągnąć przez zastosowanie prostowników trójfazowych zamiast jednofazowych. Przy tym samym napięciu pozwoli to zwiększyć o 50% prąd, a tym samym poprawić sprawność odpylania.
S. A.

INSTALACJE KOMBINOWANYCH ODPYLACZY NA WIELKICH KOTŁACH PYŁOWYCH

Cadwallader L. W. Series dust-collector installations on large pulverised coal boilers (Combustion, tom 24, nr 2, sierpień, 1952, str. 47—49)

Zainstalowane w elektrowni Buzzard Point (wyposażonej w 2 kotły po 170 t/h i 4 po 240 t/h) filtry elektrostatyczne uznano — ze strony miejscowych władz — za niewystarczające z tego powodu, że w czasie dużego obciążenia kotła przepuszczały grubsze, a zwłaszcza nie wy-

palone cząstki. Toteż w szereg z elektrofiltrami — za nimi idąc w kierunku przepływu spalin — zainstalowano dodatkowo multycyklony. Osiągnięto przez to taką poprawę odpylania spalin (rys. 1), że kotły po 360 t/h budo-



Rys. 1. Sprawność odpylaczy w zależności od obciążenia kotła
1 — multycyklon 2 — filtr elektrostatyczny
3 — odpylacz kombinowany

wanej w pobliżu elektrowni Potomac River wyposażono od razu w kombinowane odpylacze tego rodzaju z tą tylko różnicą, że zainstalowano najpierw multycyklony, a do-

Tablica I. Wyniki badania odpylaczy

Typ odpylacza		Buzzard Point		Potomac River	
		mechaniczny	elektryczny	mechaniczny	elektryczny
Obciążenie kotła	(t/h)	210	194	297	312
Ilość spalonego węgla	(t/h)	18,2	17,8	26,1	27,5
Objętość spalin	(m ³ /h)	365000	407000	542000	505000 (?)
Temperatura spalin	(°C)	155	146	157	179
Strata ciągu w odpylaczu	(mm sł. w.)	45	12	30	10
Prędkość spalin	(m/sek.)		2,6		2,2
Czas przepływu przez elektrofiltr	(sek.)		2,2		2,5
Zapylenie spalin na wlocie do odpylacza	(g/m ³)	1,04	3,90	4,23	2,80
Zapylenie spalin na wyjściu	(g/m ³)	0,19	0,29	0,96	0,14
Sprawność odpylacza	(%)	81,6	92,5	77,5	95,0
Sprawność gwarantowana	(%)	80,8	95,0	78,7	95,0
Obliczona ogólna sprawność odpylania		98,52		98,88	

U w a g i. Zapylenie podano dla Nm³. Sprawność gwarantowana odpylaczy mechanicznych jest skorygowana w stosunku do wielkości cząstek.

Tablica II. Koszty inwestycyjne urządzeń do odpylania i odpopielania

	Buzzard Point	Potomac River
Liczba kotłów	6	2
Moc znamionowa elektrowni*) (MW)	270	160
Komora paleniskowa	na płynny żużel	granulacyjna
Wypad popiołu w palenisku (%)	25	10
Koszt filtrów elektrostatycznych (\$)	558 310	434 000
Koszt multycyklonów (\$)	488 500	216 000
Koszt odpopielania (\$)	311 430	210 500
Ogólny koszt odpylania i odpopielania (\$)	1 358 240	860 500
Koszt na 1 kW mocy elektrowni (\$/kW)	5,02	5,38
Stosunek do ogólnego kosztu elektrowni (%)	5,81	3,67

*) Moc największa elektrowni jest w praktyce o 25% wyższa od znamionowej.

piero za nimi w szereg filtry elektrostatyczne, okazało się bowiem, że tego rodzaju układ jest korzystniejszy niż zastosowany w Buzzard Point.

Tabl. I zawiera dane techniczne odpylaczy w obu elektrowniach. Pomiary odbiorcze na obu typach odpylaczy dokonywane były oddzielnie, sprawność zatem ogólna jest obliczona, a nie mierzona.

W tabl. II podano koszty inwestycyjne dla obu elektrowni, a w tabl. III koszty ruchowe w obu elektrowniach dla dwu lat kolejnych.

Tablica III. Koszty ruchu odpylania i odpopielania

	Buzzard Point		Potomac River	
	1950	1951	1950	1951
Ilość spalonego węgla (t)	436 000	460 000	287 000	406 000
Ilość przetransportowanego lotnego popiołu (m ³)	29 200	32 600	28 000	35 500
Koszta ruchu (\$/m ³)	1,12	1,06	0,96	0,82
Koszta konserwacji (\$/m ³)	0,6	0,65	0,16	0,29

BIULETYN INSTYTUTU ELEKTROTECHNIKI

Rok VII — nr 43

Warszawa, Piętna 68

Kwiecień 1953 r.

Zakład Wielkich Mocy

ANALIZA NAPIĘĆ POWROTNYCH W UKŁADZIE STYCZNIKÓW PRACUJĄCYCH Z SILNIKAMI TRÓJFAZOWYMI NISKIEGO NAPIĘCIA

Wytyczne do opracowania metody badania styczników

1. Wstęp.

Konieczność dokonania analizy napięć powrotnych w układach styczników, pracujących z silnikami prądu zmiennego, wynikała w toku opracowywania w Zakładzie Wielkich Mocy instrukcji badania styczników suchych i olejowych niskiego napięcia.

W programie prób typu styczników muszą być umieszczone próby zdolności wyłączeniowych i załączeniowych

styczników w warunkach, które są możliwie zbliżone do normalnych warunków pracy.

W wyniku analizy norm zagranicznych (GOST 2221-43, UTE Publ. 45-1, ASA C 19.1 — 1943) stwierdzono znaczną różnorodność metod badania styczników w zakresie ich zdolności wyłączania.

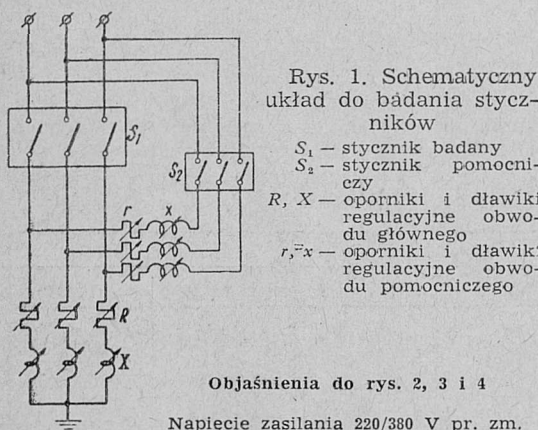
Normy radzieckie przewidują dla styczników z wymuszonym gaszeniem łuku próby, które polegają:

a) na 50-krotnym włączeniu i wyłączeniu — z przerwami pracy dziesięciosekundowymi — prądu co najmniej $4I_n$ przy 500 V, 50 c/s i przy współczynniku mocy nie większym od 0,4;

b) na 5-krotnym włączeniu i wyłączeniu — z przerwami pracy dziesięciosekundowymi — prądu co najmniej $7I_n$ przy 500 V, 50 c/s i przy współczynniku mocy nie większym od 0,4.

Normy radzieckie nie podają, czy próby styczników należy wykonywać w układzie z silnikiem, czy w układzie z opornikami i dławikami.

Normy francuskie przewidują dla styczników przeznaczonego



Objaśnienia do rys. 2, 3 i 4

Napięcie zasilania 220/380 V pr. zm.

M — silnik na 7,5 kW, 220/380 V, zwarty 1-klatkowy, typ SbJC-54, nr 106452, 1445 obr./min., $\cos \varphi = 0,87$

W_1 — wyłącznik 3-bieg, tablicowy

W_2, W_3 — styczniki na 100 A

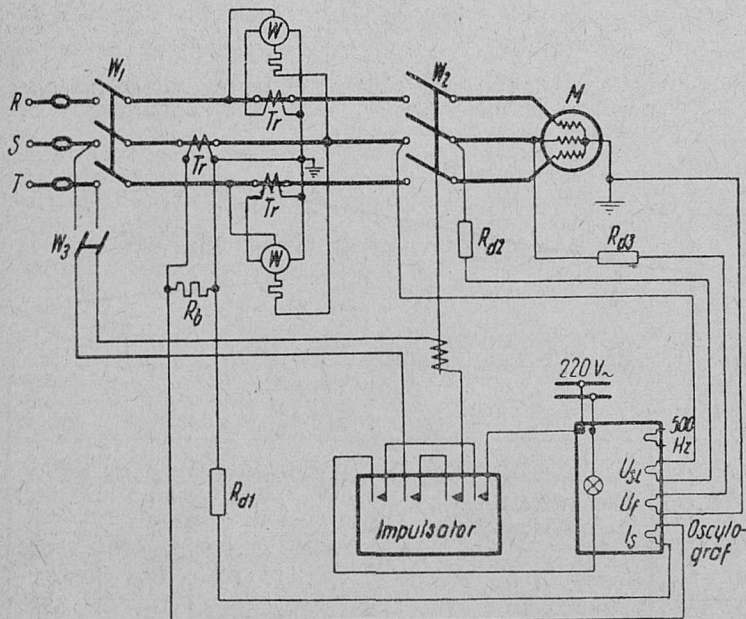
W_4 — wyłącznik 2-bieg, tablicowy

Tr — przekładniki prądowe na 200/5 A

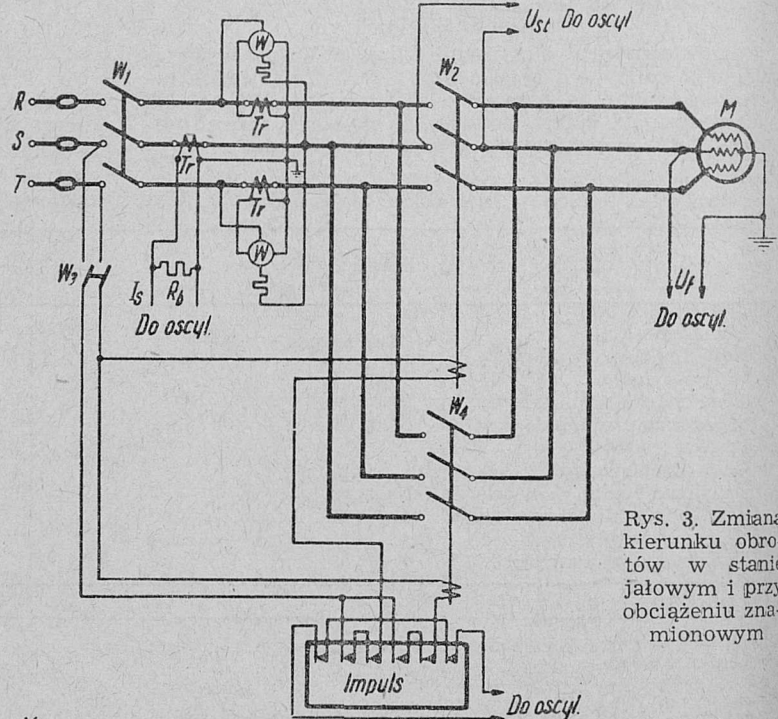
R_{d1}, R_{d2}, R_{d3} — oporniki dekadowe

R_b — bocznik na 1,5 A, 45 mV

W — watomierze



Rys. 2. Włączanie i wyłączanie silnika w stanie jałowym i przy obciążeniu znamionowym



Rys. 3. Zmiana kierunku obrotów w stanie jałowym i przy obciążeniu znamionowym

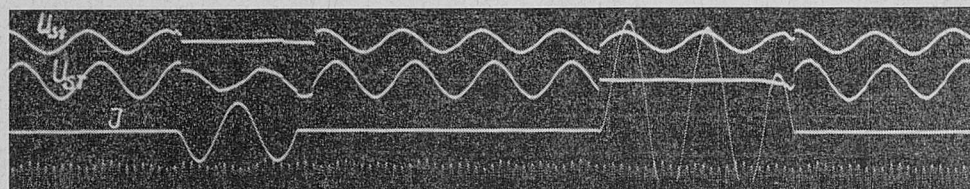
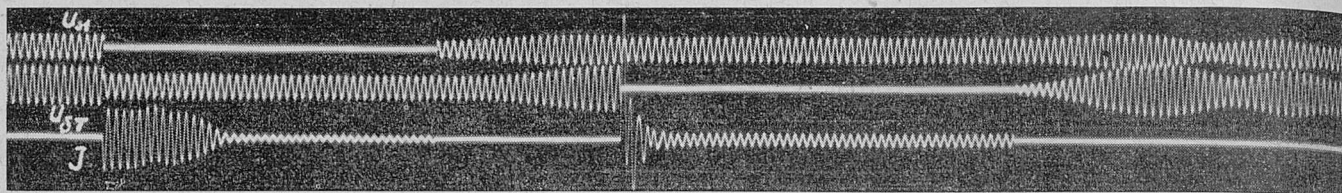
czonych do niezbyt ciężkich warunków pracy (usa-ge semiintensif), a więc do styczników odpowiadających naszym warunkom pracy, do kilkuset włączeń na godzinę, wykonanie 72 000 włączeń w seriach po 1 000 włączeń co 5 sek. Próby wykonywa się w specjalnym układzie, w którym napięcie powrotne, pojawiające się na stykach przyrządu po zgaśnięciu łuku, wynosi 10% fazowego napięcia znamionowego. Schemat układu podany jest na rys. 1.

Normy amerykańskie nie omawiają sposobu wykonywania prób styczników, klasyfikują jednak styczniki odpowiednio do pracy silników; należy przypuszczać, że próby styczników są wykonywane w układzie z silnikami.

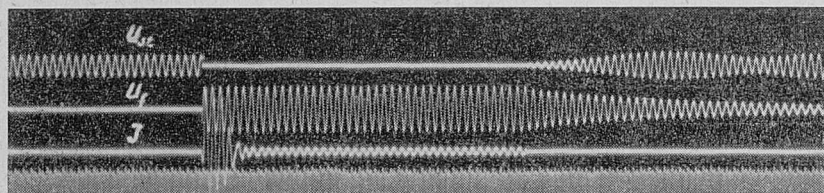
Jak z powyższego wynika, w zakresie badania zdolności wyłączeniowej i załączeniowej styczników nasuwają się następujące zasadnicze zagadnienia:

1) jaki jest rzeczywisty przebieg napięć powrotnych na stykach styczników w czasie ich normalnej pracy;

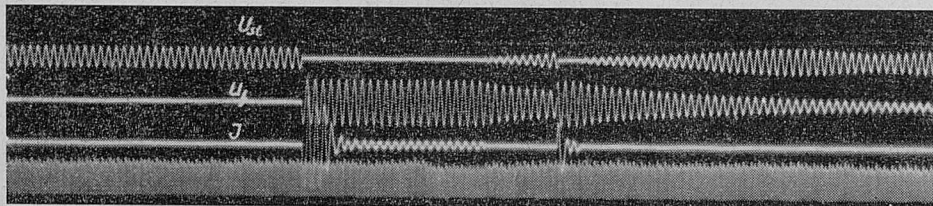
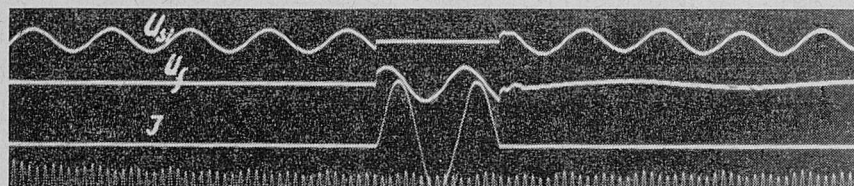
2) czy próby należy wykonywać w układzie z silnikami, w układzie obciążenia RL, czy w układzie specjalnym o obniżonym napięciu powrotnym.



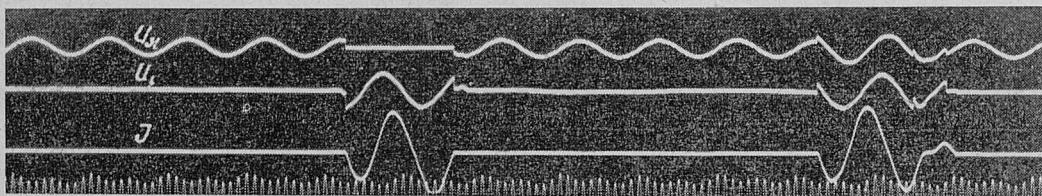
Rys. 9 i 10. Przełączenie gwiazda-trójkąt silnika przy biegu luzem; napięcie 220/380 V



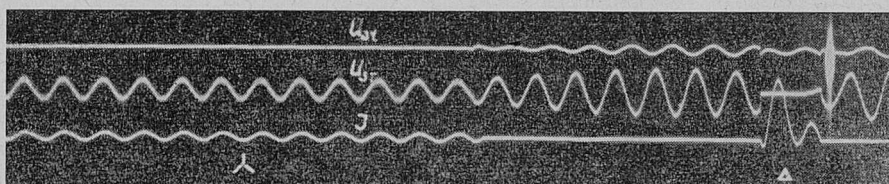
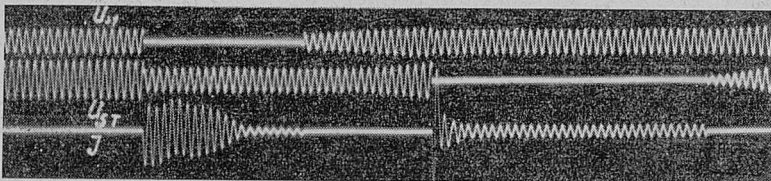
Rys. 11 i 12. Włączenie i wyłączenie silnika przy obciążeniu znamionowym; napięcie 220/380 V



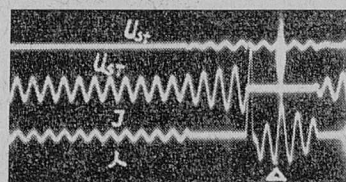
Rys. 13. Przełączenie kierunku obrotów silnika przy obciążeniu znamionowym; napięcie 220/380 V



Rys. 14 i 15. Przełączenie kierunku obrotów silnika przy obciążeniu znamionowym; napięcie 220/380 V



Rys. 16 i 17. Przełączenie gwiazda-trójkąt silnika przy obciążeniu znamionowym; napięcie 127/220 V



5. Wnioski.

Układ zastępczy RL może odzwierciedlać warunki pracy styczników, jeżeli w układzie będzie przewidziana możliwość regulacji napięcia powrotnego lub wykonywanie prób przy regulacji napięcia zasilania.

Wykonywanie prób w układzie zastępczym RL daje znaczne korzyści w porównaniu z układem silnikowym ze względu na łatwość regulacji mocy, współczynnika mocy i napięcia powrotnego.

Wydaje się, że jest celowe badanie wyłączalności styczników w następujących warunkach:

1) znaczna liczba wyłączeń przy prądzie znamionowym i współczynniku mocy rzędu 0,8 przy napięciu obniżonym do 30%;

2) ograniczona liczba wyłączeń przy prądzie 6-krotnym, współczynniku mocy rzędu 0,4 i napięciu znamionowym;

3) ograniczona liczba wyłączeń przy prądzie znamionowym, współczynniku mocy 0,8 i napięciu podwyższonym o 30%.

A. M.

PRZEGŁĄD DOKUMENTACYJNY ELEKTROTECHNIKI

opracowany przez OŚRODEK DOKUMENTACJI ELEKTROTECHNIKI
Dodatek do miesięcznika PRZEGŁĄD ELEKTROTECHNICZNY

Rocznik 5

Warszawa, kwiecień 1953 r.

Nr 4

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

Maszyny elektryczne

146* 621.313.1.043/044:620.17 D1
Rossmäier V.: **O naprężeniach i odkształceniach kadłubów i wirników maszyn elektrycznych.** „Über die Beanspruchung und Formänderung von Gehäusen und Läufnern elektrischer Maschinen“. E und M, Wien, dwutyg., Nr 3, kw. 52, s. 183, Nr 9, maj 52, s. 208, Nr 10, maj 52, s. 242; A4, 18 str., 23 rys. — Omówiono ogólne przyczyny powstawania naprężeń mechanicznych w kadłubach i wirnikach maszyn elektrycznych. W oparciu o ogólną teorię mechaniki i wytrzymałości materiałów wprowadzono wzory dla obliczania naprężeń i odkształceń kadłubów maszyn elektrycznych w prostych przypadkach. Obliczanie naprężeń mechanicznych w wirnikach wywołanych siłami odśrodkowymi, siłami magnetycznymi oraz odkształceniami cieplnymi.

147* 621.313.2:621.316.718.5.076.7 D1
Svoboda V.: **Układy elektronowe dla regulacji obrotów silników prądu stałego.** „Elektronické přístroje pro regulaci otáček stejnosměrných motorů.“ Elektrotechnik (Praha), Praha, mies., Nr 6/7/8, 1951, s. 126; A4, 4,5 str., 3 rys., 4 wykry. — Zasady regulacji obrotów silników prądu stałego. Regulacja obrotów silnika przy pomocy układów elektronowych. Opis regulatora elektronowego typu ER0320.

148* 621.313.3:621.3.017.3:621.3.018.3 D1
Rawcliffe G. H., Menon A. M.: **Nowy, prosty sposób wyznaczania strat wywołanych wyższymi harmonicznymi w maszynach prądu zmiennego.** „A simple new test for harmonic-frequency losses in A. C. machines“. Proc. Inst. El. Engrs., London, dwumies., t. 99, Nr 68, kw. 52, s. 145; A4, 6 str., 2 wykry., 3 tabl., 15 poz. bibl. — Dotychczasowe metody wyznaczania dodatkowych strat w żelazie, wywoływanych wyższymi harmonicznymi strumienia magnetycznego. Nowa metoda, która nadaje się zarówno do pierścieniowych jak i zwartych silników indukcyjnych, opiera się na wyznaczeniu zależności poślizgu silnika od napięcia zasilania przy biegu jałowym. Porównanie wyników pomiarów otrzymanych nową metodą z wynikami pomiarów według starych metod oraz z wynikami obliczeń.

149* 621.313.3.025.3:621.3.027 D1
Faucett M. A., Fisher M., Helm M. S.: **Wpływ obciążeń silników trójfazowych na wahania napięcia wywoływane obciążeniami jednofazowymi.** „Effect of three-phase motor loads on voltage changes produced by single-phase loads.“ Trans. amer. Inst. electr. Engrs, New-York, t. 69, cz. 2, 1950, s. 1467; A4, 5,5 str., 8 rys., 3 tabl., 6 poz. bibl. — Omówienie łagodzącego wpływu obciążeń silników trójfazowych na wahania napięcia sieci wywoływane pracą odbiorników jednofazowych głównie spawarek transformatorowych. Analiza matematyczna zagadnienia. Dane doświadczalne. Wielkość wpływu silników na zładowanie wahań napięcia. Próby terenowe.

150* 621.316.717:621.313.333 D1
Bašta J.: **Rozruch pełnego walca stalowego w wirującym polu magnetycznym. Cz. III. Walec ze żłobkami i przewodzącymi klinami na czolach.** „Rozběh plného válce z oceli drazkovaným v točivém poli magnetickém. Část III. Válec drazkovaný s vodivými kliny v čelech.“ Elektrotechn. Obz., Praha, mies., t. 41, Nr 4, kw. 52, s. 147; A4, 6,8 str., 3 rys., 4 wykry., 4 tabl., 2 poz. bibl. — Analiza wpływu klinów przewodzących na końcach wirnika na jego oporność. Przykłady obliczenia przebiegu momentu obrotowego i prądu oraz wyniki badań przeprowadzonych na silniku próbnym.

151* 621.316.717.078:621.313.333 D1
Adonc G. T.: **Badanie samoczynnego rozruchu oraz rozruchu przy powtórnym samoczynnym włączeniu silników asynchronicznych pod obciążeniem.** „Issledowanie neizimow samozapuska i awtomatyczeskogo powtornowo puska pod nagruzkoj asinchronnych dwigatelej.“ Elektricitetstwo, Moskwa, mies., Nr 5, maj 52, s. 31; A4, 9,5 str., 3 rys., 1 wykry., 6 tabl., 7 poz. bibl. — Omówiono zagad-

nienia zakłóceń w sieciach i związanych z nimi wyłączeń silników asynchronicznych. Przedmiotem badań była możliwość samoczynnego rozruchu silników pod obciążeniem i przy obniżonym napięciu. Rozpatrzono także sposób automatycznego ponownego włączania silników grupami pod obciążeniem. Podana została metoda obliczania możliwości ponownego samoczynnego rozruchu w zależności od czasu trwania przerwy w dopływie energii elektrycznej. Porównanie wyników pomiarów z wynikami obliczeń.

152* 621.313.333.025.1:621.316.717 D1
Kade F.: **Jednofazowe silniki asynchroniczne z kondensatorem włączonym do fazy pomocniczej.** „Die Auslegung asynchroner Einphasenmotoren mit Kondensator-Hilfsphase“. E und M, Wien, dwutyg., t. 69, Nr 2, stycz. 52, s. 38; A4, 8 str., 1 rys., 12 wykry. — W oparciu o ogólne wzory dla obliczania silnika m-fazowego wyprowadzono zależności dla obliczania silnika jednofazowego z kondensatorem włączonym w fazę rozruchową. Wnioski konstrukcyjne z wyprowadzonych zależności oraz analiza rozruchu silnika.

153* 621.313.333.2 D1
Silniki znormalizowane. Nowa seria English Electric. „Standard motors. New English Electric range“. Electr. Rev., London, tyg., t. 150, Nr 3882, kw. 52, s. 816; A5, 1,5 str., 1 fot. — Nowa seria indukcyjnych silników zwartych budowy zamkniętej z chłodzeniem powierzchniowo-żebrowym o mocy od 1 do 20 KM, opracowana przez firmę English Electric. Seria ta ma zastąpić wszystkie inne dotychczas produkowane silniki indukcyjne w tym zakresie mocy i oparta jest na wymiarach kadłubów wg norm amerykańskich NEMA, posiada jednak moce większe niż przewidziane w normach. Ogólny opis konstrukcji serii.

154* 621.313.333.2:621.3.016.1 D1
Schuisky W.: **Silniki kondensatorowe.** „Kondensatormotoren“. E und M, Wien, dwutyg., t. 69, Nr 1, stycz. 52, s. 10; A4, 5,3 str., 13 wykry., 3 poz. bibl. — Właściwości jednofazowego silnika indukcyjnego ze stale włączonym kondensatorem w fazie pomocniczej. Obliczenie metodą składowych symetrycznych prądów w fazie głównej i pomocniczej. Wyznaczenie momentu obrotowego.

155* 621.313.334:621.34:622.323 D1
Skorkin K. I.: **Synchronizowanie silników asynchronicznych w kopalniach kombinatu „Stalinugol“.** „Synchronizacja asinchronnych elektrodwigatelej na szachtach kombinatu „Stalinugol“. Elektricitetstwo, Moskwa, Nr 5, maj 52, s. 51; A4, 3,5 str., 1 tabl., 8 poz. bibl. — Doświadczenia eksploatacyjne z synchronizowaniem pierścieniowych silników asynchronicznych przy zastosowaniu do wzbudzenia prostowników selenowych (schemat DAG). Synchronizowaniu poddawane były przede wszystkim silniki napędzające wentylatory, a ponadto silniki napędzające sprężarki tłokowe oraz pompy. Gospodarczość poprawiania współczynnika mocy za pomocą synchronizowania silników asynchronicznych.

156* 621.313.39:621.365.5 D1
Kucera J.: **Prądnice prądu zmiennego jednakobiegowe.** „Wechselstromgeneratoren in Gleichpolbauart.“ E und M, Wien, dwutyg., t. 69, Nr 12, czerw. 52, s. 28; A4, 8,5 str., 13 rys. — Budowa prądnicy prądu szybkozmiennego do zasilania pieców indukcyjnych, pieców do hartowania i radiostacji nadawczych. Wyznaczanie charakterystyki biegu jałowego oraz oddziaływanie twornika prądnicy jednakobiegowej. Wykres wektorowy sił elektromotorycznych. Wyprowadzenie za pomocą rachunku tensorowego prądowego wykresu prądnicy.

Transformatory elektryczne
157* 621.314.21:621.3.045:621.3.012.5 D1
Fischer E.: **Wytrzymałość wewnętrznych tulei uzwojeń transformatorów.** „Die Festigkeit der inneren Röhre von Transformatorenwicklungen.“ ETZ, Wuppertal, dwutyg., r. 73, Nr 5, marz. 52, s. 121; A4, 2,4 str., 1 fot., 2 rys., 7 poz. bibl. — Działanie sił promieniowych przy zwarciu transformatora na wewnętrznej tulei izolacyjnej. Obliczenie wartości tych sił i wynikające stąd wnioski konstrukcyjne.

158* 621.314.21:621.316.926 D1
Chomutow B. A., Dierugin F. F., Szapiro M. R.: **O zabezpieczeniu transformatorów przekątnikami Bucholtza.** „O gazowej zaszcizie transformatorów.“ Elektr. Stancji, Moskwa, mies., Nr 5, maj 52, s. 49; A4, 3 str. — Dyskusja nad artykułem inż. Miłakowa o zabezpieczeniu transformatorów przez przekątniki gazowe (Bucholtza). Sposób i miejsce montażu tych przekątników. Przyczyny nieprawidłowego ich działania. Sposoby ich sprawdzania. Czułość działania przekątników.

159* 621.314.212:621.3.026.645 D1
Dillow N. E., Butler J. W.: **Wybór głównych transformatorów mocy w elektrowniach.** „The choice of main power transformers for generating stations.“ Trans. amer. Inst. electr. Engrs, New-York, t. 69, cz. 2, 1950, s. 781; A4, 4,5 str., 6 tabl., 1 poz. bibl. — Wskazówki dla wyboru właściwego typu głównego transformatora mocy. Wybór rodzaju chłodzenia, mocy transformatora, napięcia i oporności pozornej. Jeśli napięcie pierwotne transformatora pracującego w bloku z generatorem jest dobrane prawidłowo, wówczas można zrezygnować z zaczepów uzyskując w ten sposób 4% oszczędności w kosztach transformatora. Przykład właściwego wyboru transformatora o mocy 82500 kVA, 13,8/138 kVA, co pozwoliło na osiągnięcie oszczędności w wysokości 56%. Dyskusja.

160* 621.314.214.3:621.3.027(083.7) D1
Clair H. P. St., Jalonack H. M.: **Droga rozwojowa norm dla napięć znamionowych transformatorów.** „Development of preferred voltage ratings for transformers.“ Trans. amer. Inst. electr. Engrs, New-York, t. 69, cz. 2, 1950, s. 1049; A4, 10,5 str., 9 wyk., 9 tabl., 4 poz. bibl. — Opis badań statystycznych i studiów nad normalizacją napięć znamionowych i zaczepów transformatorów mocy jak i transformatorów sieciowych, prowadzonych przez połączony komitet EEI-NEMA tj. stowarzyszeń „Edison Electric Institute“ i „National Electrical Manufacturers Association.“ Dyskusja.

Prostowniki

161* 621.314.6 D1
Sauer: **Nowoczesny prostownik i jego zastosowanie.** „Der moderne Stromrichter und seine Verwendung.“ Elektrotechnik (Berlin), Leipzig, mies., Nr 12, grud. 51, s. 552; A4, 6 str., 3 fot., 7 rys. — Własności przetwornic nieszy-nowych i prostowników. Krótki opis działania i wykonania prostowników mechanicznych stykowych i z zaworami, opartymi na wyładowaniach w gazach głównie tyratronów i ignitronów. Porównanie poszczególnych rodzajów prostowników, możliwości ich zastosowania w poszczególnych gałęziach techniki.

Linie napowietrzne

162* 621.315.1.004.64:621.317.333.8.083.72
Frühauf H.: **Zastosowanie techniki udarowej do określenia miejsca i rodzaju uszkodzenia przewodów roboczych.** „Die Anwendung der Impulstechnik zur Bestimmung des Ortes und der Art von Fehlern auf Leitungen der Energieversorgung.“ Elektrotechnik (Berlin), Leipzig, mies., Nr 11, list. 51, s. 493; A4, 3,5 str., 4 rys., 3 poz. bibl. — Teoria odbicia fal. Przejście fali przez punkt nieciągłości (koniec otwarty, różna oporność falowa). Sposób odczytywania impulsów odbitych w przypadku przewodu zwartego lub przerwanego oraz sposób określania odległości miejsca uszkodzenia na podstawie czasu przebiegu impulsu. Różne kształty impulsów wysyłanych, zastosowanie obliczeń Fouriera.

163* 621.315.1.056.1 D1
Korobiejnikow A. I.: **Przyrząd do określenia strzałek zwiśu przewodów w elektrycznych liniach przesyłowych.** „Pribor dla opriedielenja striely powiesia prowodow linij elektropieriedacz.“ Raboczij Energ., Moskwa, mies., Nr 2, luty 52, s. 20; A4 1,5 str., 3 rys. — Nowy przyrząd do określania strzałki zwiśu przewodów. Opis przyrządu i sposób pomiaru zwiśów. Dokładność pomiarów do 5 cm.

164* 621.315.171.027.261.1:621.3.027.262.2 D1
Guldienbalk W. W.: **Montaż przewodów elektrycznych w pobliżu czynnych linii przesyłowych.** „Montaż prowodow wblizi dziejstwujużeczich linij elektropieriedacz.“ Raboczij Energ., Moskwa, mies., Nr 2, luty 52, s. 10; A4, 2 str., 2 rys. — Montaż drugiego toru elektrycznej linii

przesyłowej pod napięciem pierwszego toru i przewodów w pobliżu linii przesyłowych. Szczególne cechy montażu przewodów w pobliżu linii przesyłowych, będących pod napięciem. Montaż drugiego toru linii na 220 kV i 110 kV. Wnioski.

Kable

165* 621.316.1:621.315.21:621.3.012.6 D1
Bielakow N. N.: **Analiza uszkodzeń w kablowych sieciach spowodowanych zwarciami doziemnymi.** „Analiz powrieżdienij ot zamykanij na ziemi w kablownych sieciach.“ Elektr. Stancji, Moskwa, mies., Nr 6, czerw. 52, s. 40; A4, 4 str., 4 tabl., 3 poz. bibl. — Na podstawie danych statystycznych z lat 1945—49 omówienie przyczyny i następstwa jednobiegunowych zwarcie doziemnych w sieciach kablowych: z izolowanym punktem zerowym, z uziemionym punktem zerowym przez oporność czynną, kompensowanych.

Przewody

166* 621.315.5:537.311 D1
Roulaud R.: **Przewodność elektryczna.** „La conductibilité électrique.“ Rev. gén. Electr., Paris, mies., t. 59, Nr 5, maj 50, s. 211; A4, 14 str., 14 rys., 13 wyk., 10 poz. bibl. — Krótkie omówienie teorii tłumaczących zjawiska przewodności ciał stałych i analiza rozwiązań, jakie daje teoria kwantów i mechanika falowa. Podział ciał przewodzących i omówienie znaczenia pojęcia „bariery potencjału“, umożliwiającego w sposób zadowalający wytłumaczenie zjawiska przewodności, emisji sermoelektro-nowej, efektu Schottley'a. Półprzewodniki, ich własności i wpływ zanieczyszczeń na zmiany ich oporności. Zastosowania przemysłowe. German, jego własności fizyczne. Wykorzystanie zdolności prostowania do budowy triody krystalicznej — transistora.

Materiały izolacyjne

167* 621.315.619:621.3.012.7 D1
Kałantarow A. W., Nadelson R. G.: **Zależność dielektrycznych charakterystyk bakielitowej izolacji od temperatury.** „Zawisimost' dielektriczieskich charakteristik bakielitowej izolacji ot tiempieratury.“ Elektr. Stancji, Moskwa, mies., Nr 6, czerw. 52, s. 34; A4, 4 str., 5 rys. — Na podstawie krzywych doświadczalnych próby ustalenia współczynników uwzględniających wpływ temperatury przy różnym stopniu zawilgocenia na wartości: współczynnika strat dielektrycznych, pojemności, strat dielektrycznych izolacji bakielitowej.

Rozdzielnie

168* 621.316.364 D1
Bosshardt C.: **Rozdzielnie okapturzone f-my Sprecher & Schuh A.-G., Aarau.** „Gekapselte Schaltanlagen von Sprecher & Schuh A.-G., Aarau.“ Bull. SEV., Zürich, dwutyg., r. 43, Nr 6, marz. 52, s. 211; A4, 3 str., 10 fot. — Pierwsze rozdzielnie okapturzone f-my Sprecher & Schuh. Przegląd nowych zestawowych rozdzielni okapturzonych. Rozdzielnie okapturzone a bezpieczeństwo obsługi. Zalety rozdzielni okapturzonych z punktu widzenia przemysłu i elektrowni.

169* 621.316.364 D1
Tschumi F.: **Rozdzielnie okapturzone spółki akcyjnej Brown, Boveri & Cie., Baden.** „Gekapselte Schaltanlagen der Aktiengesellschaft Brown Boveri & Cie., Baden.“ Bull. SEV., Zürich, dwutyg., r. 43, Nr 6, marz. 52, s. 205; A4, 3 str., 4 rys. — Charakterystyka nowych konstrukcji rozdzielni okapturzonych wysokiego napięcia f-my Brown Boveri. Zalety i wady rozdzielni okapturzonych w porównaniu z otwartymi. Bezpieczeństwo pracy w rozdzielni. Zastosowanie rozdzielni okapturzonych niskiego napięcia i charakterystyka ich wykonania. Porównanie wielkości rozdzielni okapturzonej i otwartej o tej samej ilości pól.

Wyłączniki

170* 621.3.064.42:621.316.54.064.25 D1
Hohm H., Maass E.: **Komora gasząca i jej zastosowanie w małoolejowych wyłącznikach ciśnieniowych.** „Die Strömungsloschkammer und ihre Anwendung im ölarmen Druckausgleichschalter.“ ETZ, Wuppertal, dwutyg., r. 72, maj 51, s. 263; A4, 3,5 str., 10 fot., 2 rys., 3 poz. bibl. — Wykorzystanie własności gaszących oleju. Skrócenie czasu wyłączenia do 0,75 okresu. Duża moc wyłączalna. Przykłady konstrukcji i sposobu działania wyłączników. Wyniki eksploatacji wyłączników w ciągu ostatnich 17 lat.

171* 621.316.54.064.25:621.3.064.4 D1
Davies D. R.: **Wyłącznik olejowy na 33 kV, okapturzony**. „33-kV metalclad switchgear for substations“. Metropolitan-Vickers Gaz., Manchester, mies., t. 23, Nr 385, marz. 51, s. 332; A4, 5 str., 3 fot., 3 rys., 4 wyk. — Omówienie własności nowego wyłącznika olejowego na napięcie 33 kV mocy odłączalnej do 1500 MVA. Wyłącznik wykonany jest jako jednoprzewowowy o energicznym poprzecznym gaszeniu łuku. Szkice wymiarowe, oscylografy prób zwarciovych.

172* 621.316.57.064.25:614.83 D1
Weickert F.: **Eksplzje wyłączników olejowych**. „Ölschalter-Explosionen“. Elektrotechnik (Berlin), Leipzig, mies., Nr 4, kw, 52, s. 178; A4, 3,5 str., 2 fot., 9 rys., 5 poz. bibl. — Przyczyny wzrostu liczby uszkodzeń wyłączników olejowych. Działanie łuku między stykami wyłącznika. Błędy starszych konstrukcji wyłączników. Ochrona przed skutkami eksplozji.

173* 621.316.57.064.25:621.3.027.822 D1
Małoolejowe wyłączniki mocy. „Ölarme Leistungsschalter“. E und M, Wien, dwutyg., r. 69, Nr 2, stycz. 52, s. 53; A4, 2 str., 1 fot., 1 rys., 1 tabl. — Wyłączniki małoolejowe, budowane na napięcie od 15—220 kV i mocy wyłączalnej od 250—4000 MVA pracują przy prawie stałym napięciu łuku. Proces gaszenia łuku jest tak zaprojektowany, iż zapobiega powtórnemu zapłonowi po przejściu prądu przez wartość zerową.

174* 621.316.57.064.45.001.4 D1
Wanger W.: **Próby szybkiego wyłącznika powietrznego 230 kV w elektrowni Grand Coulee**. „Versuche mit einem 230-kV-Druckluftschalterschalter am Kraftwerk Grand Coulee“. Bull. SEV., Zürich, dwutyg., Nr 1, stycz. 52, s. 1; A4, 9 str., 9 fot., 7 wyk., 1 tabl., 6 poz. bibl. — Schemat połączeń Zakładu Grand Coulee przy próbach wyłącznika powietrznego firmy Brown Boveri 230 kV, 6000 MVA. Charakterystyka konstrukcji wyłącznika. Próby łączeń linii biegnącej luzem. Próby zwarciowe wyłącznika i ich wyniki. Próba SPZ przy zwarciu trwałym. Moc wyłączalna według przepisów europejskich i amerykańskich.

175* 621.316.9:621.316.1.027.2:621.317.735 D1
Briffaux J.: **Ochrona od niebezpieczeństw grożących w sieciach niskiego napięcia. Kontrola izolacji**. „Protection contre les dangers des réseaux électriques à basse tension. Controle de l'isolement“. Bull. Soc. franc. Electr., Paris, mies., Nr 6, czerw. 51, s. 317; A4, 8,5 str., 2 rys., 3 wyk. — Systemy kontroli stanu izolacji w sieciach niskiego napięcia przy pomocy woltomierza. Opis przyrządu ACEBRJ 81 do kontroli izolacji. Wyniki pomiarów uzyskane przy pomocy tego przyrządu.

176* 614.8:621.316.9:621.16.1.027.2 D1
Briffaux J.: **Ochrona od niebezpieczeństw grożących w sieci niskiego napięcia**. „Protection contre les dangers des réseaux électriques à basse tension“. Bull. Soc. franc. Electr., Paris, mies., Nr 6, czerw. 51, s. 303; A4, 14 str., 6 rys., 2 wyk. — Przepisy bezpieczeństwa oraz wymagane warunki ochrony. Dyskusja nad wyborem sieci o uziemionym i izolowanym punkcie zerowym dla niskiego i średniego napięcia. Systemy zapewniające dostateczną pewność i bezpieczeństwo.

177* 621.316.91 D1
Thornhill P.T.: **Zabezpieczenie sieci średniego napięcia od zwarć doziemnych**. „Earth-fault protection on medium voltage systems“. Metropolitan-Vickers Gaz., Manchester, mies., t. 23, Nr 385, marz. 51, s. 327; A4, 5 str., 7 rys. — Omówienie zagadnienia zwalczania zwarć doziemnych w sieciach średnich napięć. Zabezpieczenie bezpiecznikowe, zabezpieczenie przekątnikowe, układy typowe i uproszczone, badanie impedancji uziemienia.

178* 621.316.925 D1
Rushton J., Wellman F. E.: **Zabezpieczenie różnicowe stabilizowane z przekątnikiem o dużej oporności pozornej**. „Instantaneous balanced current protection using a high impedance relay with bar-primary current transformers“. Metropolitan-Vickers Gaz., Manchester, mies., t. 23, Nr 387, maj-czerw. 51, s. 369; A4, 9,5 str., 1 fot., 9 rys., 3 tabl., 2 poz. bibl. — Opis zabezpieczenia różnicowego podłużnego z zastosowaniem przekątnika o dużej mocy pozornej dla wyeliminowania fałszywych zadziałań. Zasada działania, budowa przekładników prądowych

i przekątnika. Przykłady zastosowania. W załączniku równanie podstawowe układu i przykład obliczenia.

179* 621.316.925:621.316.57.064.22 D1
Rozenknop M. P., Czernin A. B.: **Zabezpieczenie przekątnikowe i jednobiegunowe SPW przy zwarciach dwufazowych i doziemnych**. „Rielejnaja zaszcita i pofaznoje APW pri zamykancjach miezdru dwumia fazami i fazy na ziemi“. Elektr. Stancji, Moskwa, mies., Nr 3, marz. 52, s. 33; A4, 6 str., 7 rys., 5 poz. bibl. — Zabezpieczenie wybiorczo-fazowe i jednobiegunowe SPW linii zasilanych jednostronnie. Schemat wybiornika prądowego i układu SPW na zasilającym końcu linii. Działanie układów przy zwarciach dwufazowych i doziemnych. Prądy i napięcia w linii zasilanej jednostronnie przy zwarciu dwufazowym i jednoczesnym wyłączeniu jednego przewodu.

Uziemienia

180* 621.316.13:621.314.21:621.316.991 D1
Bloomquist W. C.: **Uziemienia układów przemysłowych**. „Grounding of industrial systems“. Gen. electr. Rev., Schenectady, N. Y., mies., t. 54, Nr 8, sierp. 51, s. 46; A4, 5,5 str., 4 rys., 1 tabl. — Wpływ przerywanych zwarć do ziemi w jednym silniku na uszkodzenia innych silników. Zalety i wady układów uziemionych i nieuziemionych. Uziemienie transformatorów połączonych w trójkąt. Wpływ uziemienia na ochronę przekątnikową.

Wzmacniacze magnetyczne

181* 621.318.42:621.395.646 D1
Schilling W.: **Podstawy teorii wzmacniaczy magnetycznych II. Sterowanie kątem nasycenia**. „Grundlagen einer Theorie des magnetischen Verstärkers II. Die Sättigungswinkelsteuerung“. ETZ, Wuppertal, dwutyg., r. 72, Nr 15, sierp. 51, s. 465; A4, 4,5 str., 6 rys., 7 wyk. 7 poz. bibl. — Podstawowe układy wzmacniaczy magnetycznych. Wzmacniacze przy obciążeniu czysto omowym, omowo-indukcyjnym. Charakterystyki prądowe i napięciowe przy sterowaniu kątem nasycenia. Wzmacniacze dwufazowe. Charakterystyki pracy. Sprężenia zwrotne.

Laboratoria wysokich napięć

182* 621.319.005:727(54) D1
Pfstorff G.: **Nowe laboratorium wysokich napięć w Indiach**. „Neues Hochspannungslaboratorium in Indien“. ETZ, Wuppertal, dwutyg., r. 73, Nr 5, marz. 52, s. 124; A4, 1 str., 4 fot. — Opis nowoczesnego laboratorium wysokich napięć, wyposażonego we wszystkie urządzenia umożliwiające przeprowadzenie prób do napięć udarowych 3 MV, wolnozmiennych 1050 kV, oraz stałych 250 kV.

Kondensatory

183* 621.319.4+621.315.612 D1
Rückert H., Capitain H.: **Kondensatory ceramiczne z wyjątkowo wysoką stałą dielektryczną**. „Keramische Kondensatoren mit extrem hoher Dielektrizitätskonstante“. ETZ, Wuppertal, dwutyg., r. 72, Nr 9, maj 51, s. 266; A4, 1 str., 3 wyk. — Rozwój technologii kondensatorów ceramicznych. Własności mas ceramicznych HDK (o wysokiej stałej dielektrycznej); współczynnik temperaturowy, stratność, opór skrośny.

184* 621.319.44:621.316.727:621.316.93 D1
Pélissier R.: **Ochrona kondensatorów szeregowych od zewnętrznych zaburzeń oraz uszkodzeń wewnętrznych**. „La protection des condensateurs série contre les perturbations externes et les défauts internes“. Bull. Soc. franc. Electr., Paris, mies., Nr 8, sierp. 51, s. 492; A4, 6 str., 7 rys. — Zaburzenia mogące powodować przepięcia na zaciskach baterii kondensatorów. Ochrona baterii kondensatorów (przykłady dla linii Alfta w Szwecji 30 kV, Chehalis w USA 8 kV, oraz dla linii wielkiego napięcia). Ochrona przed przepięciami udarowymi. Zabezpieczenia przy uszkodzeniach wewnętrznych baterii.

185* 621.316.727:621.315.1.027.5:621.319.44 D1
Dejou A.: **Instalacja baterii kondensatorów szeregowych na linii 10 kV w okręgu Lyonu. Wyniki eksploatacji**. „L'installation de batteries de condensateurs série sur une ligne à 10 kV de la région lyonnaise. Resultats d'exploitation“. Bull. Soc. franc. Electr., Paris, mies., Nr 8, sierp. 51, s. 498; A4, 5 str., 4 rys., 6 wyk. — Porównanie skuteczności działania oraz kosztów kondensatorów łączonych szeregowo i równolegle. Opis oraz schemat stacji kondensatorów szeregowych. Przeprowadzone próby. Praca i eksploatacja stacji.

- 186* 621.316.727:621.315:621.319.44 D1
Cahen F.: **Kondensatory szeregowo w sieciach przesyłowych i rozdzielczych energii elektrycznej.** „L'emploi des condensateurs série dans les réseaux de transport et de distribution de l'énergie électrique”. Bull. Soc. franc. Electr., Paris, mies., Nr 8, sierp. 51, s. 477; A4, 15 str., 2 rys., 11 wykr. — Porównanie skuteczności działania kondensatorów łączonych szeregowo i równolegle w sieciach rozdzielczych. Zastosowanie kondensatorów szeregowych w liniach przesyłowych (linie równoległe dwutorowe, rozszerzenie granicy stateczności dynamicznej przesyłków na dużą odległość). Wpływ kondensatorów na tłumienie nagłych przepięć. Zjawiska i zagadnienia techniczne towarzyszące włączeniu kondensatorów szeregowych.
- 187* 621.319.47:621.3.011.5:621.54 D1
Hochhäusler P.: **Poprawienie własności dielektryka kondensatorowego przez stosowanie wysokiej próżni i impregnację.** „Die Verbesserung des Kondensatordielektrikums durch Hochvakuumbehandlung und-tränkung.” ETZ, Wuppertal, dwutyg., r. 72, Nr 11, czerw. 51, s. 357; A4, 4,75 str., 1 fot., 32 wykr. — Opis urządzenia do impregnacji przy zastosowaniu wysokiej próżni (10⁻⁴ mm Hg). Metoda poprawienia wytrzymałości i zmniejszenia stratności impregnowanego dielektryka. Nasyconie pochodnymi chloro-fenylowymi (kondensatory kłofeno-papierowe). Zależność własności elektrycznych od temperatury.
- Oświetlenie elektryczne
188* 628.964:621.32:629.113:625.7/8 D1
Roper V., Meese G. E.: **Widzenie przy oślnieniu projektorów samochodowych.** „Seeing against headlamp glare.” Illum. Engn., New-York, mies., t. 47, Nr 3, marz. 52, s. 129; A4, 6 str., 9 wykr., 9 poz., bibl. — Badanie widoczności drogi przy mijaniu się pojazdów na drogach dwujezdniowych, przy użyciu projektorów. Najkorzystniejsza wzajemna odległość pojazdów dla zmiany światła drogowego na światło mijania. Dyskusja wyników.
- 189* 628.971.6:621.32:535.241.44(7) D1
Reid K. M., Toenjes D. A.: **Ocena niewygodnej jaskrawości przy oświetleniu ulic.** „Appraisal of discomfort glare on lighted streets”. Illum. Engn., New-York, mies., t. 47, Nr 3, marz. 52, s. 143; A4, 5 str., 4 wykr., 3 tabl., 10 poz. bibl. — Wyniki badania oświetlenia 31 ulic w Cleveland USA o różnych typach nawierzchni i różnych urządzeniach oświetleniowych. Klasyfikacja średniostopniowa oślnienia. Ocena stopnia oślnienia przez kierowców i pasażerów samochodowych. Dyskusja wyników.
- 190* 621.32:628.976:669.18.013.5 D1
Oświetlenie stalowni. „Lighting for steel mills part I: open hearth”. Illum. Engn., New-York, mies., t. 47, Nr 3, marz. 52, s. 165; A4, 7 str., 10 fot., 3 rys., 1 tabl. — Wskazówki oświetlenia stalowni opracowane przez komitet dla oświetlenia stalowni Stowarzyszenia Inżynierów Oświetleniowców Stanów Zjednoczonych Ameryki. Przebieg procesu technologicznego. Analiza pracy wzrokowej i zalecone natężenie oświetlenia dla różnych prac w stalowniach. Oprawy oświetleniowe i źródła światła.
- 191* 621.327.42:628.972 D1
Jepaniesznikow M. M.: **Obliczenie oświetlenia jarzeniowego publicznych i administracyjnych lokali.** Rasszczot luminiescentnowo oswieszczenia obščestwennych i administratiwnych pomieszczenij. „Elektriczestwo, Moskwa, mies., Nr 3, marz. 52, s. 64; A4, 3,5 str., 2 wykr., 6 tabl., 8 poz. bibl. — Metoda obliczeniowa instalacji oświetleniowej, wykonane lampami luminescencyjnymi, zaopatrzonymi w osłony rozpraszające i odbijające. Tablice do obliczeń instalacji wg znanej sprawności lampy i stosunku strumienia świetlnych górnej i dolnej półkuli.
- 192* 628.9.037:621.327.43:536.48 D1
Townsend R. F., Bachman H. E.: **Zapłon lamp fluoryzujących w niskich temperaturach otoczenia.** „Starting fluorescent lamps at low ambient temperatures”. Illum. Engn., New-York, mies., t. 47, Nr 4, kw. 52, s. 214; A4, 7 str., 3 fot., 2 wykr., 4 tabl., 6 poz. bibl. — Wyniki badania wpływu temperatury otoczenia na napięcie zapłonu lamp fluoryzujących w przedziale — 23°C do 40°C. Wpływ podgrzewania elektrod. Wpływ oprav. Zastosowanie lamp fluoryzujących w instalacjach narażonych na niskie temperatury. Najniższe spotykane w USA temperatury zewnętrzne. Wnioski. Dyskusja.
- 193* 535.241.44:628.93:621.327.43 D1
Guth S. K.: **Obliczanie granicznej jaskrawości w praktyce oświetleniowej.** „BCD brightness ratings in lighting practice”. Illum. Engn., New-York, t. 47, Nr 4, kw. 52, s. 184; A4, 10 str., 1 rys., 2 wykr., 4 tabl., 7 poz. bibl. — Określenie jaskrawości granicznej między wygodnym i niewygodnym widzeniem. Pięć typowych urządzeń oświetlenia fluorescencyjnego, dla których ustalono eksperymentalnie jaskrawość graniczną. Analiza wyników i porównanie z innymi badaniami. Dyskusja metody.
- Trakcja elektryczna
194* 621.335.4:621.316.991 D1
Steglich P.: **Przyczynę do uziemiania nie połączonych z szynami odbiorników w kolejnictwie.** „Beitrag zur Erdung von nicht schienenengebundenen Stromverbrauchern in Bahnanlagen.” ETZ, Wuppertal, dwutyg., r. 72, Nr 6, marz. 51, s. 169; A4, 1,25 str., 3 fot., 3 rys. — Zagadnienie napięcia dotyku w urządzeniach kolejowych. Naturalne połączenie silników trakcyjnych z ziemią przez szyny. Koncepcja wykorzystania szyn jako uziemienia dla urządzeń elektrycznych nie umieszczonych w wagonach. Różne typy stopki kontaktowej zależnie od typu szyn i wartości prądu roboczego.
- Napędy
195* 621.34:621.944.002.612(478) D1
Bider G. M.: **Eksplotacja napędów elektrycznych walcerek w Magnitogorskim hutniczym kombinacie imienia Stalina.** „Eksplotacja elektroprowodów prokatnych stanów na Magnitogorskom metalurgiczeskombinat imeni Stalina.” Elektriczestwo, Moskwa, mies., Nr 1, stycz. 52, s. 59; A4, 2 str. — Konstrukcyjne i produkcyjne wady układów napędowych walcerek. Sposoby ich usunięcia, ulepszenia urządzeń, zastosowane w kombinacie hutniczym im. Stalina.
- 196* 621.3.077:621.313.223:621.34.012 D1
Bingley P.: **Charakterystyki i sterowanie regulowanych napędów silnikami zasilanymi z prostowników.** „The characteristics and control of rectifier-motor variable-speed drives”. Proc. Inst. El. Engrs., London, dwumies., t. 99, cz. 2, Nr 69, czerw. 52, s. 189; A4, 14 str., 11 rys., 6 wykr., 89 poz. bibl. — Układ napędowy zastępujący układ Ward-Leonarda złożony z prostownika rtęciowego i silnika bocznikowego prądu stałego. Charakterystyki silnika bocznikowego zasilanego z prostownika rtęciowego. Sposoby regulacji napięcia oraz prądu wzbudzenia. Łatwość sterowania układem.
- Spawalnictwo
197* 621.791:620.19 D1
Bontron P.: **Zastosowanie ultradźwięków w kontroli, widoki na przyszłość dla zastosowań w spawalnictwie.** „Utilisation des ultra-sons dans le contrôle. Perspectives d'avenir pour leur application aux soudures.” Soudure Techn. conn., Paris, mies., t. 4, Nr 11/12, list.-grud. 50, s. 229; A4, 11,5 str., 14 fot., 8 rys. — Opis typowych metod ultradźwiękowych kontroli jakości wnętrza ciał metalicznych. Metoda przewodzenia, metoda odbicia (echa), metoda rezonansowa, analiza ich wad i zalet oraz wyszczególnienie najważniejszych dla każdej z nich zastosowań.
- 198* 621.791.5:669.14 D1
Sarazin J.: **Przypawanie wydłużonych części metalowych przy pomocy pistoletu.** „Soudage des goujons au pistolet.” Soudure Techn. conn., Paris, mies., t. 4, Nr 1/2, stycz.-lut. 50, s. 17; A4, 11,5 str., 17 fot. — Opis nowego sposobu przypawania metalowych kołków i części o kształcie wydłużonym do ścian metalowych. Opis trzech faz procesu spawania i jego przebiegu w zależności od kształtu i wymiarów przypawanej części. Opis pistoletu spawalniczego. Wyniki spawania i ich analiza pod względem jakościowym. Liczne przykłady zastosowań.

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 144). GIDNT przyjmuje prenumeratę kart dokumentacyjnych, która może obejmować zarówno całą dokumentację naukowo-techniczną, jak i działy lub poszczególne zagadnienia i tematy techniczne.

GIDNT wykonuje za zwrotem kosztów fotokopie i mikrofilmy publikacji objętych Przeglądem Dokumentacyjnym, jak i kartami dokumentacyjnymi.



Kandydatury na członków Stowarzyszenia Elektryków Polskich

W myśl § 12 Statutu SEP ogłasza się następującą listę kandydatów na członków zwyczajnych Stowarzyszenia:

ODDZIAŁ GDAŃSKI

Czekaj Józef, Sopot, Pstrowskiego 16
Ignacek Konrad, Gdańsk-Wrzeszcz, Jesionowa 9 m. 7
Jankowski Henryk, Gdańsk-Wrzeszcz, Krzywoustego 7 m. 1
Jasienicki Wiktor, Gdańsk-Oliwa, Szczecińska 36
Kepiński Alojzy, Gdańsk-Wrzeszcz, Uphagena 10 m. 1
Kociszewski Juliusz, Gdańsk-Wrzeszcz, Karłowicza 26
Kowalski Eugeniusz, Gdańsk, Gdańska 4
Nowak Henryk, Gdańsk-Oliwa, Beniowskiego 64
Paradowski Alojzy, Gdynia, 3-go Maja 14a
Przybek Edward, Gdańsk-Wrzeszcz, Grunwaldzka 103

ODDZIAŁ JELENIOGÓRSKI

Banarska Irena, Mysiakowice, Żolnierza 10
Baranowski Lech, Jelenia Góra, Fredry 7
Gawarecki Teofil, Jelenia Góra, Bogusławskiego 15
Iwański Henryk, Jelenia Góra, Podgórna 7
Jurczyk Zygfryd, Jelenia Góra, Fredry 8
Kołodziejczak Zdzisław, Jelenia Góra, Nowowiejska 33
Koper Stanisław, Jelenia Góra, Stalina 45
Korczyński Zbigniew, Jelenia Góra, Al. W. P. 11
Kotuszewski Roman, Jelenia Góra, Meczenników 3 m. 9
Karasowski Henryk, Jelenia Góra, Świerczewskiego 8 m. 3
Krauze Józef, Lubań Śl., Dzierżyńskiego 12
Leszczyński, Jelenia Góra, Lenina 62
Mroczkowski Andrzej, Myslowice, DZPL Orzeł
Markiewicz Wacław, Jelenia Góra, Al. W. P. 23
Niwinski Bogdan, Jelenia Góra, Grabowskiego 4
Pałkiewicz Wiesław, Jelenia Góra, Bogusławskiego 3
Piotrowski Kazimierz, Jelenia Góra, Osiedle Robotnicze 33
Poltorzycki Stefan, Miłków, Wiejska 121
Protze Karol, Mysiakowice, DZPL Orzeł
Sikorski Tadeusz, Jelenia Góra, Wzgórze Partyzantów 9
Zawadzki Stanisław, Podgórzyn, Leśna 6

ODDZIAŁ KIELECKI

Andruszczyński Kazimierz, Kielce, Sienkiewicza 7
Domagała Jerzy, Kielce, Ściegiennego 12
Dziekan Euzebiusz, Skarżysko-Kam., Górnicza 3
Gałczyński Teofil, Jędrzejów, 3-go Maja 950
Jarnecki Leonard, Kielce, Sienkiewicza 23
Kłobuczar Władysław, Suchoń, Słowackiego 54
Kramarz Antoni, Kielce, Husarska 15

Kret Józef, Kielce, Sienkiewicza 33
Lech Czesław, Kielce, Głowackiego 6
Lech Mieczysław, Kielce, Głowackiego 6
Lembas Ludwik, Kielce, Sienkiewicza 7
Łosiak Wiesław, Skarżysko-Kam., Książęca 216
Malec Antoni, Kielce, Przemysłowa 21
Morąg Mieczysław, Kielce, Żelazna 13
Machowski Zygmunt, Kielce, Daszyńskiego 66
Pobocho Waldemar, Kielce, Planty 1
Sołkiewicz Jerzy, Jędrzejów, 3-go Maja 92
Waligórski Tadeusz, Jędrzejów, Bohaterów Stalingr. 28a

ODDZIAŁ POZNAŃSKI

Biskupska Helena, Poznań, Jeżycka 43
Chen Roman, Poznań, Kasprzaka 2a m. 6
Chwałek Ryszard, Poznań, Albańska 12 m. 2
Gaik Antoni, Zabikowo, Kolejowa 41
Gajewicki Mieczysław, Pniewy, Dworcowa 20 m. 1
Górski Florian, Poznań, Rybaki 22 m. 23
Kobierny Czesław, Poznań, Jarchowskiego 57 m. 3
Kulupa Tadeusz, Poznań, Dzierżyńskiego 121 m. 14
Lemański Kazimierz, Poznań, Kraszewskiego 19 m. 7
Moldenhawer Kazimierz, Poznań, Słaska 2a
Paul Henryk, Poznań, Fabryczna 21 m. 13
Pawelka Ignacy, Poznań, Maszynowa 25
Samowski Stanisław, Poznań, Towarowa 15 m. 21
Twerjanowicz Wacław, Leszno Wlkp., Śniadeckich 5 m. 4
Włodarczyk Florian, Puszczykowo, Dąbrowskiego 19
Wtorkowski Jerzy, Poznań, Kantaka 5
Wypych Józef, Poznań, Tomickiego 8 m. 24

ODDZIAŁ WROCŁAWSKI

Baran Władysław, Wrocław, C. Skłodowskiej 9
Barczuk Walerian, Wrocław, Żeromskiego 31 m. 20
Gutt Franciszek, Wrocław, Stalina 3 m. 19
Kuchara Roman, Wrocław, Jaworowa 15 m. 2
Kulisiewicz Zygm., Wrocław, Wandy 19 m. 8
Kunikowski Jan, Wrocław, Jaworowa 15 m. 2
Piliś Franciszek, Wrocław, Holenderska 39
Siecz Stanisław, Wrocław, Ks. Witolda 79 m. 13
Wójcik Włodzimierz, Wrocław, Obrońców Pokoju 10a m. 17
Wróblewski Aleksander, Wrocław, Ruska 47
Zydlewicz Leon, Wrocław, Skierniewicka 9

Wydawnictwa nadesłane

SOKOŁOWSKI A., prof. dr nauk technicznych. KURS TECHNOLOGII BUDOWY MASZYN. Cz. I: Ogólne zagadnienia technologii obróbki mechanicznej. Tłum. inż. mgr Marian Rogoziński. 1952, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format B5, str. 430, rys. 200, tabl. 31, cena 49 zł. — Spis rzeczy: Wiedza technologiczna w dziedzinie budowy maszyn i drogi jej rozwoju. Procesy technologiczne obróbki skrawaniem i ich planowanie. Badanie zespołu zagadnień procesu technologicznego. Sztynność jako czynnik technologiczny. Dokładność obróbki. Definicja błędów i zapewnienie dokładności obróbki. Podstawy i wymiary operacyjne. Naddatki na obróbkę. — Przedmowa wydawcy: Książka ta stanowi tom I dwutomowej pracy i omawia ogólne zagadnienie technologii obróbki skrawaniem, jak budowa procesu technologicznego, typizacja procesów technologicznych, wydajność urządzeń produkcyjnych, organizacja i ekonomiczna celowość procesu, sztywność układu sprężystego: obrabiarka — przedmiot — narzędzie, drgania przy skrawaniu, dokładność obróbki, podstawy obróbekowe i naddatki. Książka przeznaczona jest dla inżynierów mechaników, zatrudnionych w biurach fabrykacyjnych i warsztatach przemysłu maszynowego.

SADOWSKI ANDRZEJ, mgr inż. WZORCE GŁADKOŚCI POWIERZCHNI, Instytut Obrabiarek Narzędzi. 1952, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format A5, str. 56, rys. 41, cena 5 zł. — Przedmowa wydawcy: Książka zaznajamia czytelnika w przystępny sposób z pojęciem gładkości powierzchni, jej klasyfikacją i oznaczeniem, omawia znaczenie zastosowania wzorców gładkości w produkcji oraz zaznajamia czytelnika z metodami oceny gładkości powierzchni. Książka przeznaczona jest dla wykwalifikowanych robotników, mistrzów i techników warsztatowych.

SADOWSKI ANDRZEJ, mgr inż. GŁADKOŚĆ POWIERZCHNI I SPOSOBY JEJ POMIARU. Instytut Obrabiarek i Narzędzi. 1952, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format A5, str. 167, rys. 121, cena 22 zł. — Przedmowa wydawcy: Książka omawia zagadnienie gładkości powierzchni. Część pierwsza — teoretyczna — zawiera podstawowe wiadomości z tej dziedziny, omawia parametry charakteryzujące gładkość powierzchni oraz podaje przegląd norm różnych państw. Część druga — praktyczna — omawia metody pomiaru gładkości powierzchni oraz zawiera opisy różnych przyrządów mierniczych. Książka przeznaczona jest dla techników i inżynierów mechaników.

WILK ZDZISŁAW, prof. inż. GAZ ZIEMNY. 1952, Katowice, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format B5, str. 656, rys. 483, cena 105 zł. — Z przedmowy wydawcy: Książka zawiera w części teoretycznej zbiór praw fizycznych dla gazów doskonałych i odchyłań od tych praw dla gazów rzeczywistych z uwzględnieniem najnowszych badań metanu, jak również badań gazów ziemnych. Książka zawiera ponadto wyczerpujące omówienie poszczególnych tematów z technologii gazu, jak rurociągi, gazoliny, wytwórnie gazu płynnego, magazynowanie i transport gazu, gazoliny i gazu płynnego, badanie gazu, pomiar ilościowy i jakościowy gazu, badanie gazoliny i gazu płynnego, spalanie gazu ziemnego oraz omawia gospodarkę gazem ziemnym i główne kierunki przeróbki chemicznej gazu ziemnego. Książka przeznaczona jest do użytku techników gazowych na poziomie średnim i wyższym, poza tym tych, którzy opracowują zagadnienia gazowe w ruchu, a więc w gazownictwie węglowym i w tych działach produkcji chemicznej z syntetyką łącznie, gdzie zagadnienia pomiaru, transportu i magazynowania gazu, sprężania itd. są aktualne.

Państwowe Wydawnictwa Techniczne

polecają książki z elektrotechniki, elektroenergetyki, energetyki i telekomunikacji wydane w 1952 r.

BRONWELL A. B., BEAM R. E. **Teoria i zastosowanie mikrofal**, tłum. zbiorowe z ang. pod red. St. Ryżko, tom I, 1951, str. 340, zł 90; tom II, 1952, str. 643, zł 56.

GOGOLEWSKI Z. **Napęd elektryczny**, 1952, str. 390, zł 72.

JELLONEK A. **Miernictwo radiotechniczne**, wyd. II, 1952, str. 410, zł 59.50 (w oprawie).

KOCEJKO L. **Sieci elektryczne wysokiego napięcia**, 1952, str. 529, zł 17.50.

Kalendarzyk elektrotechniczny na 1952-1953, praca zbiorowa SEP, pod naczelną redakcją B. Konorskiego, 1952, str. 910, zł 90.

KASSENBERG K., RUCIŃSKI J. **Elementy łączeniowe, sygnalizacyjne i zabezpieczające**, 1952, tom I, str. 235, zł 22.

KOSTROW M., SOŁOWIEW I., FIEDOSIEJEW A. **Technika zabezpieczeń elektroenergetycznych** (tłum. zbiorowe z ros.), tom I, 1951, str. 432, zł 105; tom II, 1952, str. 340, zł 63.

KOSZCZEJEW I. A. **Teoria telekomunikacji przewodowej**, tłum. z ros. J. Mikulski, 1952, str. 319, zł 37.

LIPOWICZ R. **Urządzenia chłodnicze sprężarkowe jedno-stopniowe (działanie i obsługa)**, 1952, str. 92, zł 10.

ŁASKOW J. **Energetyka w Planie Sześcioletnim**, 1952, str. 145, zł 12.

MOŁOCZEK W. **Remont turbin parowych**, tłum. z ros. K. Smolaga, wyd. II, 1952, str. 392, zł 54.

PIOTROWSKI E. **Montaż szyn elektroenergetycznych**, 1952, str. 116, zł 6.50.

Przesył i rozdział energii elektrycznej (praca zbiorowa), tłum. z ang. Z. Skoczyński, tom I — Wyladowania piorunowe i ochrona przepięciowa, 1951, str. 158, zł 34; tom II — Maszyny i urządzenia elektryczne, 1951, str. 291, zł 68; tom III — Analiza i warunki pracy układów elektroenergetycznych, 1951, str. 326, zł 75; tom IV — Linie i sieci elektryczne, 1952, str. 212, zł 53.

SCHWERDFFEGER W. **Technika pomiarów elektrycznych**, tom I, tłum. z niem. A. Szulce, 1952, str. 212, zł 25.

SMOLIŃSKI A. **Zasady wzmacniania**, tom I — Podstawy teoretyczne, wyd. II, 1950, str. 274, zł 33; tom II — Pasmowe wzmacniacze napięciowe, 1952, str. 455, zł 65.

SOCHOR BR. **Termometry elektryczne**, 1952, str. 176, zł 21.

STEFANOWSKI B. **Chłodnictwo**, 1952, str. 367, zł 11.60.

SZPARKOWSKI Z. **Napowietrzne linie telekomunikacyjne**, 1952, str. 250, zł 30.

TERMAN F. E. **Radiotechnika**, tłum. z ang. zespół, tom I, 1952, str. 671, zł 72; tom II, 1952, str. 644 zł 37.50.

WOYNAROWSKI Zb., ŻMIGRODZKI W. **Niskonapięciowe wyłączniki przemysłowe**, 1952, str. 212, zł 25

Instrukcje wydane na zlecenie Centralnego Zarządu Energetyki w 1951 i 1952

Instrukcja eksploatacji chłodni kominowych, 1952, str. 27, zł 3

Instrukcja eksploatacji turbin wodnych, 1951, str. 66, zł 3.10

Przepisy techniczne na przyłączanie urządzeń elektrycznych do sieci rozdzielczych podległych Centralnemu Zarządowi Energetyki, 1951, str. 35, zł 1

Stupy elektroenergetyczne drewniane. Instrukcja wzmacniania i wymiany, 1951, str. 24, zł 3

Stupy elektroenergetyczne drewniane. Zasady i wytyczne gospodarki drewnem, 1951, str. 23, zł 3

Tymczasowe przepisy technicznej eksploatacji elektrowni i sieci, 1951, str. 270, zł 7.50

Biblioteka Ochrony Pracy

BARAN I. **Światło i praca**, wyd. III, 1952, str. 131, zł 10

BARAN I. **Sztuczne oświetlenie pomieszczeń pracy**, 1952, str. 130, zł 12

Bezpieczeństwo pracy przy urządzeniach elektrycznych (opracowanie redakcyjne SEP), 1950, str. 204, zł 14

Eksploatacja urządzeń elektrycznych sieci miejskich i wiejskich (tymczasowe przepisy bezpieczeństwa pracy), praca zbiorowa, 1952, str. 135, zł 10

ILGNER J. **Przenośniki**, 1952, str. 30, zł 2.

KORDYASZ J. **Wskazówki bezpieczeństwa pracy przy robotach teletechnicznych**, 1952, str. 26, zł 3.50

Montaż ciepłno-mechaniczny urządzeń elektrowni (tymczasowe przepisy bezpieczeństwa i higieny pracy), 1952, str. 107, zł 7

Przepisy o bezpieczeństwie i higienie pracy — praca zbiorowa, 1952, str. 166, zł 11

Sprzęt ochronny przy urządzeniach elektrycznych (Instrukcja tymczasowa dotycząca wymagań technicznych, badania, przechowywania i postępowania się sprzętem ochronnym), 1952, str. 65, zł 4.80

Tymczasowe przepisy bezpieczeństwa i higieny pracy dla działów ciepłych elektrowni i sieci przewodów ciepłych, praca zbiorowa, 1952, str. 118, zł 8

ZIELIŃSKI J. **Wiadomości z higieny pracy**, 1952, str. 150, zł 12