

A 1271 II

50

PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY

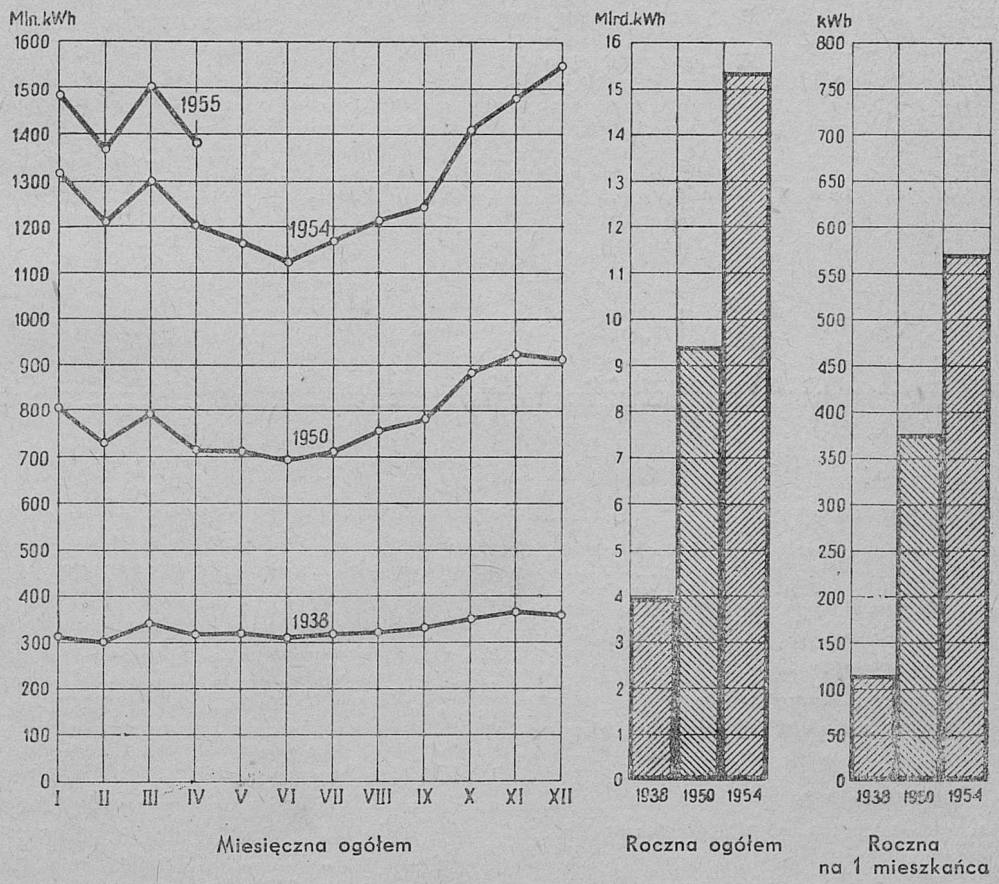
ORGAN
MINISTERSTWA ENERGETYKI, MINISTERSTWA PRZEMYSŁU MASZYNOWEGO,
STOWARZYSZENIA ELEKTRYKÓW POLSKICH

ROK XXXI

ZESZYT 7

21.VII.1955

Wytwórczość energii elektrycznej w Polsce



SPIS RZECZY

- Gutherc B. Osiągnięcia inwestycyjne polskiej energetyki w ubiegłym dziesięcioleciu.
- Osiągnięcia energetyki w Polsce Ludowej.
- Myśliński A. Próby zwarcia przy rządów rozdzielczych produkcji krajowej w 1954 r.
- Kiżewski P. Zasięg rozdziału energii na napięciu 6 kV w zakładach przemysłowych i w miastach.
- Klarner T. Kondensatory jako środek poprawy współczynnika mocy.
- Wajs K. Określanie zasadniczych parametrów maszyn wyciągowych.
- Końkiewicz S. Silniczki histerezy.
- Dziatlik H. Model elektryczny rzeki.
- Dryś B. Dokładność oznaczeń niektórych chemicznych własności związków elektrotechnicznych.
- Zarudzki W. O konieczności stosowania odpowiednich planów geodezyjnych dla inwestycji energetycznych.
- Sprawozdanie z działalności SEP za I kwartał 1955 r.
- Przegląd Dokumentacyjny Elektrotechniki.

СОДЕРЖАНИЕ

- Гутхерц В. Достижения польской энергетики в области строительства за последнее 10-летие.
- Достижения энергетики в Народной Польше.
- Мыслицкий А. Испытание на короткое замыкание распределительных аппаратов отечественного производства.
- Кижевский П. Предел распределения электрической энергии при напряжении 6 кВ в промышленных заведениях и в городах.
- Кларнер Т. Конденсаторы, как средство улучшения коэффициента мощности.
- Вайс К. Определение основных параметров привода подъемных машин.
- Колкевич С. Гистерезисный двигатель малой мощности.
- Дзятлик Х. Электрическая модель реки.
- Дрысь В. Точность определения некоторых химических свойств электротехнических пропиточных материалов.
- Зарудский В. Необходимость пользования надлежащими геодезическими планами для электроэнергетических строений.
- Отчет о деятельности О.П.Э.
- Библиографический Обзор Электротехники.

CONTENTS

- Gutherc B. Achievements in Polish power engineering investments during the last decade.
- Achievements of power engineering in People's Poland.
- Myśliński A. Short-circuit tests, in 1954, of Polish-made switchgear.
- Kiżewski P. Range of Power Distribution at 6 kV in Industrial Plants and in Towns.
- Klarner T. Application of Condensers for Power Factor Correction.
- Wajs K. Determination of Essential Parameters of Hoisting Machine Drive.
- Końkiewicz S. Small Hysteresis Motor.
- Dziatlik H. Electrical analogy of a river.
- Dryś B. Accuracy of Determination of Some Chemical Properties of Electrotechnical Impregnating Compounds.
- Zarudzki W. On the Necessity of Applying Proper Geodetic Plans for Electric Power Investments.
- Report on the activities of the A. P. E. E. for the first quarter of 1955.
- Electrical Bibliographic Review.

Warunki prenumeraty PRZEGLĄDU ELEKTROTECHNICZNEGO na 1955 r

I. Prenumerata normalna

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

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

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

II. Prenumerata ulgowa

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

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

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

Prenumeratę można zgłaszać na okres kwartalny, półroczny i roczny.

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

Terminy zgłaszania prenumeraty ulgowej w kołach zakładowych i oddziałach Stowarzyszeń:

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

Terminy powyższe powinny być ściśle przestrzegane.

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

PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY

ORGAN

MINISTERSTWA ENERGETYKI, MINISTERSTWA PRZEMYSŁU MASZYNOWEGO,
STOWARZYSZENIA ELEKTRYKÓW POLSKICH

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

Rok XXXI

Warszawa, 21 lipca 1955 r.

Zeszyt 7



MGR INŻ. B. GUTHERC

Osiągnięcia inwestycyjne polskiej energetyki w ubiegłym dziesięcioleciu

Jedną z podstaw rozwoju współczesnego społeczeństwa jest rozwój energetyki. Miarą uprzemysłowienia kraju, cyfrą bardzo trafnie charakteryzującą skomplikowane pojęcie poziomu gospodarczego, jest niewątpliwie wielkość produkcji energii elektrycznej. Powszechnie wiadomo, jak wielkie znaczenie nadał twórca pierwszego na świecie państwa socjalistycznego Włodzimierz Lenin zagadnieniu elektryfikacji kraju, która pozwoliła Państwu Radzieckiemu przewyższyć zniszczenie, zacołanie i nędzę, pozostałe w spadku po caracie i pierwszej wojnie imperialistycznej. Pojęcie jedności najbardziej postępowego ustroju społecznego i najbardziej postępowych metod rozwoju sił wytwórczych kraju znalazło genialne sformułowanie w oświadczeniu Lenina: „Komunizm — to władza radziecka plus elektryfikacja całego kraju” (21.XII.1920). Realizując tę zasadę nieustannie i konsekwentnie Związek Radziecki już w 1940 r. uzyskał poziom produkcji energii elektrycznej 25-krotnie wyższy niż w 1913 r., a w 1954 r. produkcja energii elektrycznej w ZSRR przekraczała już 3-krotnie poziom produkcji z roku 1940, przewyższając łączną produkcję Anglii, Francji i Włoch.

Podobnie Polska Ludowa odziedziczyła po rządach sanacyjnych i drugiej imperialistycznej wojnie światowej gospodarkę zacołaną i zniszczoną. Stan uprzemysłowienia kraju w okresie przedwojennym określa najdobitniej niska produkcja energii elektrycznej na jednego mieszkańca: wynosiła ona w 1938 r. 114 kWh i była jedną z najniższych w Europie. Niski poziom produkcji energii elektrycznej był związany z niskim poziomem technicznym urządzeń energetycznych — zarówno wytwórczych, jak przesyłowych i rozdzielczych. Przeważały małe siłownie na niskich parametrach pracujące na wydzielone sieci. Według danych statystycznych w 1936 r. czynnych było w Polsce przeszło 1000 elektrowni przemysłowych i zawodowych, z czego 36 o mocy ponad 10 MW (w tym największa 90 MW), 142 o mocy od 1 do 10 MW i 840 poniżej 1 MW. Nie oznacza to bynajmniej, że zakłady te były nierentowne. Wprost przeciwnie: mimo niskiej sprawności dawały swym właścicielom, w przeważającej części kapitalistom zagranicznym, olbrzymie dochody, uzyskiwane drogą odpowiednio wysokich opłat, ściąganych od ludności za energię elektryczną.

Po wyzwoleniu kraju stanęło przed energetykami polskimi trudne i odpowiedzialne zadanie jak najszybszego uruchomienia zniszczonych w swej większości elektrowni i sieci oraz dostarczania miastom i zakładom przemysłowym energii elektrycznej, której brak ograniczał ich rozruch i zdolność wytwórczą. Pracami powyższymi kierował w skali krajowej powołany do życia Centralny Zarząd Energetyki, któremu podporządkowane zostały wszystkie zawodowe elektrownie ciepłne i wodne oraz sieci rozdzielcze. Z wielkim zapałem i poświęceniem wykonywali załogi zakładów energetycznych swe trudne zadanie. Nie można tu pominąć dużej pomocy, którą w tym okresie energetyka polska otrzymała od energetyków radzieckich, a zwłaszcza pomocy przy odbudowie kompletnie zniszczonej elektrowni warszawskiej.

Równoległe z odbudową zniszczonych obiektów i urządzeń skierowano intensywne wysiłki na usprawnienie pracy istniejących zakładów oraz opracowywano pierwszy długofalowy plan rozbudowy energetyki — trzyletni plan inwestycyjny na lata 1947—1949. Powstają pierwsze układy energetyczne, pozwalające w znacznie większym niż dotychczas stopniu wykorzystać moc produkcyjną zakładów. Już w 1946 r. czas wyzyskania mocy zainstalowanej był o 280 godzin wyższy niż w 1938 r. i wynosił 2660 godzin. W latach następnych (1947—49) przyrost zapotrzebowania w kraju mocy i energii elektrycznej jest pokrywany prawie wyłącznie drogą lepszego wyzyskania mocy zainstalowanych w istniejących elektrowniach. Znajduje to swój dobitny wyraz w stale wzrastającym czasie wyzyskania mocy zainstalowanej, który w okresie planu trzyletniego wzrósł o dalszych 720 godzin, osiągnąwszy w roku 1949 wartość 3380 godzin. Jednocześnie postępuje stały wzrost mocy rozporządzalnej drogą dalszej odbudowy zniszczonych urządzeń oraz likwidacji „wąskich gardeł” w siłowniach, a przede wszystkim kosztem usprawnienia pracy kotłowni. W tym czasie (1948 r.) wybudowano pierwszą w Polsce linię wysokiego napięcia na 220 kV Łagisza-Janów, umożliwiającą przesył energii elektrycznej ze Śląska do Łodzi i stanowiącą pierwszy etap prac nad połączeniem okręgowych układów energetycznych w jeden układ ogólnopolski.

W parze z niewątpliwymi sukcesami na odcinku eksploatacji szły jednak niepowodzenia na odcinku realizacji planów inwestycyjnych. Główną tego przyczyną był brak specjalistów obznajmionych z zagadnieniem budownictwa energetycznego oraz brak odpowiednich komórek organizacyjnych, wszystkie bowiem budowane przed wojną w Polsce elektrownie były projektowane w biurach zagranicznych, montaż urządzeń — z reguły importowanych — wykonywany był również przez specjalistów zagranicznych. Personel polski na budowach stanowił jedynie siłę pomocniczą.

W tym stanie — w obliczu wielkich zadań, które przed energetyką stawał plan 6-letni — przystąpiono w 1949 r. do organizacji biur projektów energetycznych, przedsiębiorstw budowlano-montażowych oraz wydzielonych służb inwestycyjnych, skupiając w tych komórkach najbardziej doświadczonych pracowników energetyki. W pracy przy organizowaniu tych przedsiębiorstw dużą pomoc uzyskała energetyka polska od specjalistów radzieckich, którzy przekazali nam swoje wieloletnie doświadczenie w dziedzinie budownictwa energetycznego.

Nieocenione korzyści przyniosła energetyce polskiej kilkumiesięczna praca ekspertów radzieckich nad oceną naszego planu 6-letniego. Cenne ich wskazówki i rady pozwoliły wnieść szereg ważnych poprawek w kierunku lepszego wykorzystania istniejących urządzeń oraz szybszego i tańszego uzyskania planowanych efektów gospodarczych, wreszcie postawiły właściwie w planie zagadnienie ciepłownictwa miejskiego tak cenne z punktu widzenia gospodarki narodowej.

Ocena minionych 10 lat rozwoju energetyki krajowej doprowadza do stwierdzenia wielkich przeobrażeń, które zaszły

w tej gałęzi naszego przemysłu. W wyniku dotychczasowej realizacji planu 6-cioletniego produkcja energii elektrycznej przekroczyła w 1954 r. cyfrę 15 miliardów kilowatogodzin i była 4-krotnie wyższa niż w 1938 r.

Podstawowa rola w tak poważnym zwiększeniu produkcji przypada nowouruchomionym jednostkom prądowoczym. Tempo przyrostu mocy w elektrowniach zawodowych przedstawia następujące zestawienie:

1949	1950	1951	1952	1953
12	84	164	260	336 MW.

Za największe osiągnięcie minionego okresu należy uznać wychowanie licznej kadry wysokokwalifikowanych specjalistów w dziedzinie budownictwa energetycznego zarówno w projektowaniu, jak i w montażu skomplikowanych i nowoczesnych urządzeń — kotłów, rurociągów, turbozespołów, transformatorów dużej mocy. Korzystając z doświadczenia radzieckiego stosuje się z powodzeniem blokowy system montażu kotłów i rurociągów, co pozwala znacznie skrócić czas montażu tych urządzeń i przyspieszyć termin oddania ich do eksploatacji. Na przykład w latach 1948—1950 montaż jednego bloku o mocy 14 MW trwał 3 lata, natomiast obecnie montaż 2 bloków o łącznej mocy 100 MW trwa 15 miesięcy.

Pod koniec 1954 r. Ministerstwo Energetyki rozporządzało wysokokwalifikowanymi biurami projektowymi oraz przedsiębiorstwami budowlano-montażowymi, pokrywającymi potrzeby resortu na odcinku projektowania i montażu urządzeń energetycznych w siłowniach i sieciach.

Dzięki nowym inwestycjom zmieniło się zasadniczo wyposażenie techniczne energetyki. Dominujące jeszcze w produkcji energii elektrycznej w okresie planu trzyletniego urządzenia niskoprężne ustępują coraz więcej miejsca dużym nowym instalacjom o wysokiej sprawności. Gdy średnia moc turbozespołów w elektrowniach zawodowych wynosiła w 1949 r. 7,5 MW, to średnia moc nowoinstalowanych turbozespołów kondensacyjnych w latach 1950—1954 przekroczyła 30 MW. Podobnie średnia wydajność kotłów wynosiła w roku 1949 19 t/h, a w nowoinstalowanych kotłach z lat 1950—1954 przekracza już 120 t/h. Zainstalowano już szereg turbozespołów o mocy 50—55 MW i kotłów o wydajności 230 t/h. Większość nowoinstalowanych urządzeń pracuje przy wysokich parametrach 80—110 atm i 500—510°C zużywając na wyprodukowanie 1 kWh poniżej 500 g węgla umownego, choć nie osiągnęły jeszcze sprawności znamionowej. W rozbudowywanych zakładach z reguły ulega modernizacji również czynna niskoprężna instalacja, a przez ustawienie turbozespołów przeciwprężnych podnosi się znacznie jej sprawność.

W okresie planu 6-letniego wybudowano 300 km linii 220-kilowoltowych i 2670 km linii 110-kilowoltowych tworząc mocne układy okręgowe i wiążąc je między sobą w jeden układ ogólnokrajowy. Powiązanie wszystkich zakładów wytwórczych w jeden ogólnopolski układ stwarza bardzo duże możliwości nieprzerwanego zasilania odbiorców oraz jak najbardziej korzystnej z punktu widzenia gospodarki narodowej pracy energetyki.

Nad całością pracy krajowego układu energetycznego i nad właściwym — z punktu widzenia gospodarczego w skali ogólnopolskiej — rozdziałem obciążeń na poszczególne siłownie i zespoły czuwa powołany w tym celu Państwowy Zarząd Dyspozycji Mocy. W wyniku przedsięwzięć inwestycyjnych, dużego wysiłku personelu eksploatacyjnego w siłowniach i sieciach oraz pracy PZDM uzyskano obniżenie w elektrowniach zawodowych średniego zużycia węgla umownego z 796 g/kWh w roku 1949 do 580 g/kWh na początku 1955 r., co oznacza oszczędność węgla w wysokości około 2 mln ton rocznie.

Poważnym osiągnięciem ubiegłego okresu jest zrealizowanie pierwszego etapu rozwoju ciepłownictwa w Warszawie. Przez rekonstrukcję 2 starych turbin uzyskano możliwość — w sposób wysoce ekonomiczny i przy bardzo małych nakładach inwestycyjnych — wyprowadzenia ze starej elektrowni warszawskiej do mieszkań i biur w stolicy wody gorącej do celów grzewczych, stwarzając tym samym poważne oszczędności w zużyciu węgla i koksu do celów opałowych oraz polepszając warunki higieniczne miasta.

Do 1954 r. ułożono w Warszawie około 22 km rurociągów, którymi zasilano już ubiegłej zimy 6 200 000 m³ budynków

mieszkalnych i biurowych, w tym Pałac Kultury i Nauki im. J. Stalina, Marszałkowską Dzielnicę Mieszkaniową, dziesiątki domów mieszkalnych w śródmieściu Warszawy. W nowo-
budowanych blokach mieszkalnych i biurowych, znajdujących się na trasach rurociągów już wykonanych względnie projektowanych do wykonania w czasie właściwym dla potrzeb użytkowników, nie buduje się już instalacji kotłowych, a w szeregu przyłączonych bloków zdemonstrowano stare instalacje kotłowe.

Równolegle z tymi pracami posuwa się budowa wielkiej elektrociepłowni na Żeraniu, która już w minionym okresie zimowym produkowała — poza energią elektryczną — również energię ciepłą, zasilając nią Fabrykę samochodów osobowych na Żeraniu. Trwająca obecnie rozbudowa zarówno sieci ciepłej z elektrociepłowni żerańskiej, jak i dalsza rozbudowa samej elektrociepłowni pozwolą w większym niż dotychczas stopniu zaspokajać potrzeby mieszkańców stolicy w zakresie ciepła i energii elektrycznej.

Bardzo ważne z punktu widzenia gospodarki narodowej a stanowiące nowość w naszym życiu gospodarczym i technicznym są prowadzone obecnie budowy dwóch nowych elektrociepłowni — w Łodzi i Bielsku. Podstawowym zadaniem tych obiektów jest zasilanie w parę grzejącą i technologiczną licznych zakładów przemysłowych tych miast. Wybudowanie tych zakładów nie tylko pozwoli uniknąć budowy małych nieskospiranych instalacji kotłowych, ale da możliwość zlikwidowania dziesiątków starych nieekonomicznych kotłowni, a nawet szeregu drobnych elektrowni, dając gospodarce narodowej duże oszczędności węgla oraz zwalniając poważne ilości pracowników, zatrudnionych obecnie przy tych przestarzałych i trudnych w obsłudze urządzeniach.

Kompletnej zmianie uległ również charakter pracy w elektrowniach. W żadnym z nowobudowanych lub modernizowanych zakładów nie ma ciężkiej pracy fizycznej. Wszystkie czynności, a w szczególności nawęglanie i odzūżnianie kotłowsą w pełni zmechanizowane. Stopniowo mechanizuje się te procesy również w starych elektrowniach i nie daleki jest dzień, kiedy ciężki trud fizyczny całkowicie zniknie w polskich siłowniach.

Pewne — choć niezadowalające — postępy mamy do zanotowania w zakresie energetyki wodnej. Do końca 1954 r. uruchomiono w elektrowniach wodnych łącznie 71 MW. W budowie jest szereg drobnych elektrowni wodnych, a między innymi duża elektrownia w Koronowie na Brdzie, dla której pełna dokumentację opracowuje Warszawskie Biuro Siłowni Wodnych. Czynnione są duże wysiłki, żeby w najbliższych latach poważnie wzmocnić tempo budownictwa energetyki wodnej.

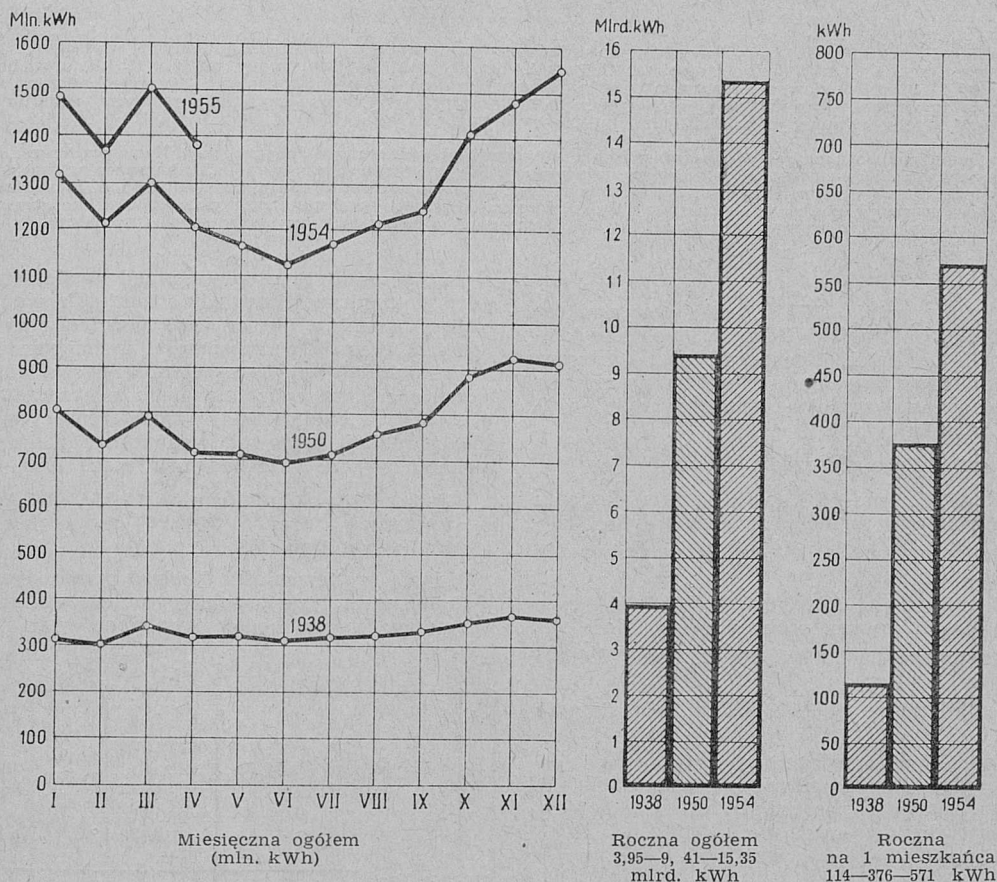
Bardzo poważne znaczenie dla dalszego rozwoju energetyki ma rozwój krajowej produkcji urządzeń energetycznych. Większość skomplikowanych urządzeń instalowanych w energetyce krajowej w latach ubiegłych sprowadzaliśmy z zagranicy. Dużą pomoc na tym odcinku otrzymaliśmy ze Związku Radzieckiego, który dostarczył pełne wyposażenie — łącznie z dokumentacją — dla siłowni Jaworzno II, Żerań, Huta Lenina, elektrownia Dychów. Poważny był również udział dostaw czeskich dla elektrowni w Miechowie, Zabrze, Szombierkach i uruchamianie obecnie elektrowni w Czechnicy. Brak jednak krajowej produkcji urządzeń energetycznych w dużym stopniu hamował i nadal utrudnia właściwy rozwój energetyki. Toteż z dużym zadowoleniem energetycy polscy dowiadują się o przystąpieniu przez przemysł maszynowy do produkcji turbozespołów i kotłów o dużej wydajności i na wysokie parametry. Już w bieżącym roku przemysł wykona na podstawie licencji radzieckiej pierwszy turbozespół typu WT-25, a pierwszy kotł o wydajności 230 t/h przy 110 at i 510°C — również wykonany na podstawie licencji radzieckiej — jest już w toku dostawy.

Przedstawione wyżej wielkie przeobrażenia z okresu pierwszego dziesięciolecia po drugiej wojnie imperialistycznej, która tak strasznie wyniszczyła kraj i naród polski, mogły ziszczyć się jedynie dzięki przejęciu władzy w państwie przez lud pracujący, zlikwidowaniu kapitalistycznych stosunków produkcji w podstawowych dziedzinach życia gospodarczego i zastąpieniu ich nowymi stosunkami — socjalistycznymi.

Doświadczenie ubiegłych 10 lat upewnia nas, że energetycy polscy dołożą wszelkich sił, żeby sprostać wielkim zadaniom, które nakłada na nich szybko rozwijająca się gospodarka narodowa.

Osiągnięcia energetyki w Polsce Ludowej

Wytwórczość energii elektrycznej w ostatnim roku przedwojennym (1938), w pierwszym roku Planu 6-letniego (1950) i w dwu ostatnich latach Planu 6-letniego (1954, 1955)



Olbrzymia większość narodu zadokumentowała swoją niezłomną wolę uczestnictwa w budownictwie socjalistycznym, które stanowi jedyną drogę zabezpieczenia trwałej niepodległości narodu i jego wielkiej przyszłości w oparciu o pomoc braterską i przyjaźń z krajami, budującymi nowe pokojowe życie, nowy ustój społeczny pod przewodem pierwszego w świecie zwycięskiego państwa socjalistycznego — naszego wyzwoliciela.

Chodzi o to, aby, oceniając wnikliwie i wszechstronnie nasze życie społeczne i gospodarcze, nasze osiągnięcia i zdobycze, z których mamy prawo być dumni, nasze trudności i przeszkody, które powinniśmy widzieć i coraz skuteczniej pokonywać, nasze najbliższe zamierzenia i zadania, wokół których chcemy mobilizować masy ludowe, abyśmy w tej ocenie nauczyli się trzeźwo docierać do istoty sprawy, dokerzeni zła, które utrudnia nam osiągnięcie najlepszych wyników w naszej walce, w naszej pracy społecznej i gospodarczej. Chodzi o to, abyśmy nie zamykali oczu na błędy, które popełniamy, ponieważ ukrywanie błędów sprzyja właśnie ich narastaniu. Na błędach można i należy się uczyć, ale w tym celu należy wydobywać je z ukrycia na światło dzienne, analizować ich przyczyny i wyciągać z nich szybkie i właściwe wnioski, podcinać w zarodku ich korzenie, aby się więcej nie rozrastały, aby uniknąć ich pojawienia się na przyszłość.

Pomyślna realizacja planu socjalistycznego uprzemysłowienia Polski w ciągu minionych 5-ciu lat podniosła gospodarkę naszego kraju na bez porównania wyższy poziom, zmieniając również gruntownie nasze życie społeczne. Szybki rozwój naszej gospodarki socjalistycznej i wpływ rosnącej równie szybko klasy robotniczej oddziałuje w sposób istotny na ogólny poziom życia społeczeństwa i wzrost kultury. Wzmocniły się nasze siły obronne. Wkład Polski Ludowej w ogólną światową walkę o zabezpieczenie pokoju, której niezłomnie przewodzi Związek Radziecki, zwiększa się szybko w miarę rozwoju naszych sił wytwórczych, w miarę ogólnego wzrostu naszych osiągnięć politycznych, gospodarczych i kulturalnych.

Właściwy poziom planowania, projektowania i wykonywania inwestycji, stałe obniżanie kosztów budownictwa, właściwa organizacja i uprzemysłowienie metod pracy w budownictwie, stanowią warunek szybszego rozwoju produkcji, szybszej poprawy położenia materialnego i poziomu kultury mas pracujących. Stąd wypływa ogromne znaczenie, jakie przywiązujemy do walki o usprawnienie organizacyjne i techniczne budownictwa, o wyższy poziom polityczny i fachowy kadr kierujących budownictwem, o szeroki rozmach socjalistycznego współzawodnictwa na placach budowy.

Warunkiem nieustannego wzrostu i doskonalenia produkcji na podstawie najwyższej techniki, a więc i realizacji podstawowego prawa ekonomicznego socjalizmu, jest szybszy wzrost produkcji środków wytwórczości, w tym przede wszystkim szybszy wzrost produkcji maszyn. Stwierdzenie to jest szczególnie istotne dla obecnego okresu socjalistycznej industrializacji w naszym kraju, okresu niezakończzonej bynajmniej budowy bazy materialno-technicznej socjalizmu.

Rozwój przemysłu ciężkiego hamuje nie tylko niedostateczna baza surowcowa, lecz także nadmierne zużycie surowców, paliw i energii. Niezbędne, możliwe i konieczne jest osiągnięcie w 1955 r. znacznego obniżenia zużycia węgla, energii elektrycznej, metali żelaznych, stali szlachetnych, blach, materiałów budowlanych, drewna.

Doc. dr inż. ANDRZEJ MYŚLICKI

Próby zwarciove przyrządów rozdzielczych produkcji krajowej w 1954 r.*) – 1

621.3.014.001.4:621.316.37(438)

Treść. Przebieg i wyniki prób zwarciowych wyłączników i bezpieczników, przeprowadzonych w 1954 r. Badania objęły wyłączniki pełnoolejowe na 15 i 30 kV, małoolejowe na 6 i 30 kV, bezpieczniki wielkiej mocy na 6 i 15 kV oraz bezpieczniki przekładnikowe na 6, 15 i 30 kV (nowy asortyment dotychczas w kraju nie produkowany). Wyniki badania wyłączników są w pełni zadowalające, natomiast wyniki badania bezpieczników wskazują na potrzebę szybkiego wprowadzenia do produkcji nowoczesnych bezpieczników wielkiej mocy o większej zdolności wyłączenia.

Испытание на короткое замыкание распределительных аппаратов отечественного производства. Ход и результаты испытания в 1954 г. выключателей и предохранителей. Испытаниям были подвергнуты нормальнообъемные выключатели для 15 и 30 кВ и малообъемные для 6 и 30 кВ, предохранители большой мощности для 6 и 15 кВ, а также предохранители для измерительных трансформаторов для 6, 15 и 30 кВ (новый ассортимент). Результаты испытания выключателей вполне удовлетворительны; результаты испытания предохранителей указывают на необходимость начать в ближайшем будущем производство новейших предохранителей большой мощности при повышенной выключательной способности.

1. Wstęp.

W okresie od maja do grudnia 1954 r. grupa pracowników Instytutu Elektrotechniki, Centralnego Zarządu Przemysłu Aparatów Elektrycznych, Ministerstwa Energetyki oraz Zakładów Wytwórczych Wyłączników Wysokiego Napięcia przeprowadziła w zwarciowni czechosłowackiej badania przyrządów rozdzielczych polskiej produkcji.

Próbowi poddano następujące przyrządy:

- 1) wyłączniki pełnoolejowe na 15 kV, 400 A w wykonaniu wnetrzowym i napowietrznym, z napędem silnikowym;
- 2) wyłączniki pełnoolejowe na 30 kV, 600 A w wykonaniu napowietrznym, z napędem silnikowym;
- 3) wyłączniki małoolejowe na 6 kV, 600 A, 200 MVA typu WMG/6/6/2 z napędem silnikowym (próby uzupełniające);
- 4) wyłączniki małoolejowe na 30 kV, 600 A typu WMTWS z napędem silnikowym;
- 5) wyłączniki małoolejowe na 60 i 110 kV (w zakresie prób konstruktorskich);
- 6) wyłączniki pełnoolejowe o zbiornikach prostopadłościennych na napięcia 6 i 20 kV zmodernizowane przez zainstalowanie komór gaszących według opracowania Zakładów Produkcji Części Zapasowych Energetyki;
- 7) bezpieczniki wielkiej mocy na 6 i 15 kV;
- 8) bezpieczniki przekładnikowe na 30 kV (w zakresie prób konstruktorskich).

Wszystkie przyrządy przed dokonaniem prób zwarciowych poddano — zgodnie z normami — badaniom w kraju. Badania te objęły sprawdzenie zgodności wykonania przedstawionych przyrządów z dokumentacją techniczną, oględziny ich i sprawdzenie jakości wykonania, próby wyzwalczy wtórnych, próby działania napędu, pomiary prędkości styków podczas załączania i wyłączania, pomiary czasu przedłukowego i czasu załączania, pomiary czasu zbrojenia napędu silnikowego elektrycznego, próby odporności na zużycie mechaniczne, próby nagrzewania prądem znamionowym, próby wytrzymałości elektrycznej obwodów niskonapięciowych.

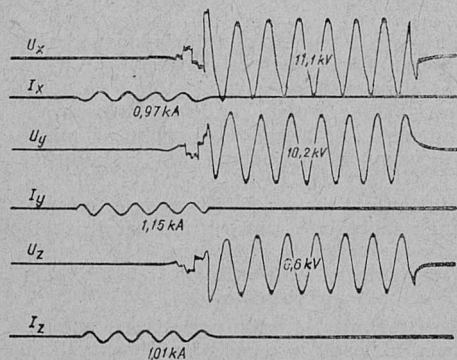
mentacją; braki te usunięto przed wysłaniem przyrządów do stacji zagranicznej, względnie zaktualizowano dokumentację. Niżej podano w obszernym streszczeniu wyniki badań zwarciowych, tj. prób wytrzymałości dynamicznej, cieplnej jedno- i pięciosekundowej, oraz zdolności łączenia (także w szeregu łączy samoczynnego ponownego załączania), oraz zestawiono w postaci tabelarycznej znamionowe wartości przyrządów produkcji krajowej, wyznaczone przez Instytut Elektrotechniki na podstawie badań w latach 1953–1954.

2. Wyłączniki pełnoolejowe na 15 kV, 400 A, typu WOW 242 (wnetrzowy) oraz WON 242 (napowietrzny) z napędem silnikowym typu NS 2.

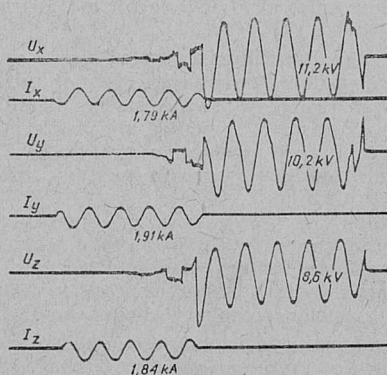
Badania wytrzymałości cieplnej przeprowadzono w układzie jednofazowym przy posobnym połączeniu styków wszystkich biegunów. Wyniki badań zestawiono w tabl. I.

Tablica I

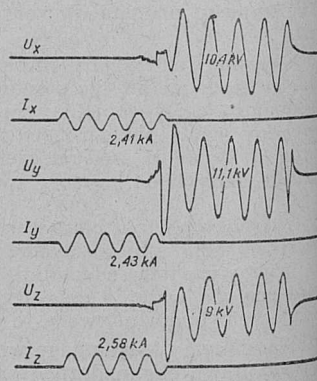
L. p.	Typ i nr fabr. wyłącznika	Składowa okresowa prądu zwarciowego I_{ws} (kA)	Prąd udarowy i_u (kA)	Czas trwania zwarcia (sec)	Uwagi
1	WOW 242, Nr 20296	6,8	12,7	0,72	Wynik próby dodatni
2	„ „	7,0	13,1	1,00	Wynik próby dodatni
3	„ „	8,2	14,0	1,08	Wynik próby dodatni
4	„ „	8,85	16,2	0,64	Przyspawanie styków
5	„ „	8,85	16,2	0,36	Przyspawanie styków
6	„ „	5,3	8,8	5,00	Wynik próby dodatni



Rys. 1. Oscylogram wyłączenia 1,04 kA przy 17,3 kV przez wyłącznik WOW242



Rys. 2. Oscylogram wyłączenia 1,83 kA przy 17,3 kV przez wyłącznik WOW242



Rys. 3. Oscylogram wyłączenia 2,47 kA przy 17,7 kV przez wyłącznik WOW242

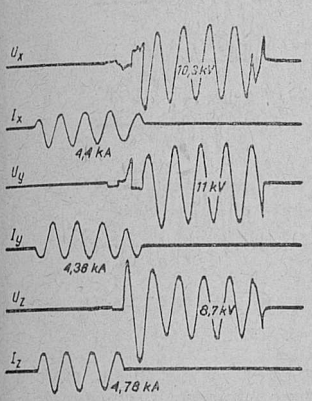
W wyniku tych wstępnych badań stwierdzono w kilku przypadkach braki w wykonaniu i drobne niezgodności z dokumentacją.

*) Por. artykuł autora w Przegl. Elektr., 1954, zes. 8, s. 312–330.

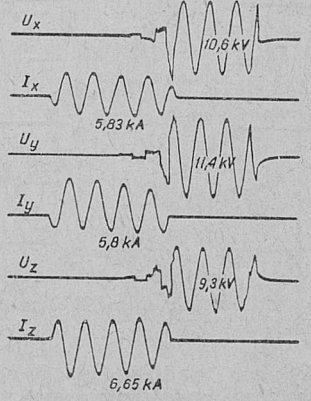
Badania zdolności załączania i wyłączania miały na celu wyznaczenie wartości prądu krytycznego wyłącznika, wartości prądów załączalnego i wyłączalnego w szeregu łączy W–

3 min — ZW — 3 min — ZW *) oraz wartości prądu wyłączalnego w szeregu łącheń samoczynnego ponownego załączania $W - t_{\min} - ZW$).

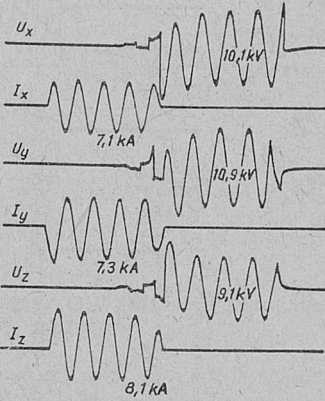
Ze względu na wielki zakres przeprowadzonych prób podano tu jedynie te wyniki, które mają znaczenie dla oceny typu konstrukcji, i pominięto te wszystkie próby, które miały na celu orientacyjne określenie własności zwarciowych wyłącznika przed dokonaniem właściwych prób typu.



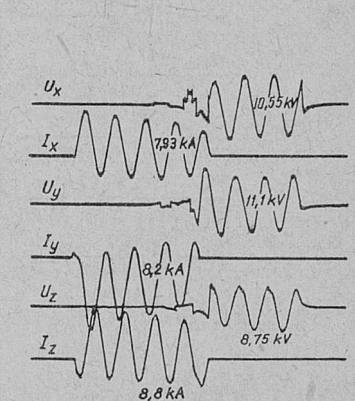
Rys. 4. Oscylogram wyłączania 4,50 kA przy 17,3 kV przez wyłącznik WOW242



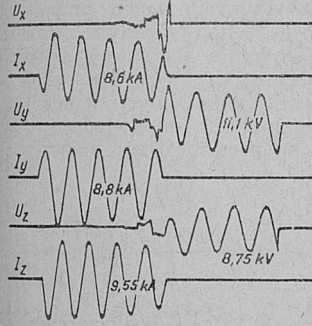
Rys. 5. Oscylogram wyłączania 6,09 kA przy 18,0 kV przez wyłącznik WOW242



Rys. 6. Oscylogram wyłączania 7,50 kA przy 17,3 kV przez wyłącznik WOW242

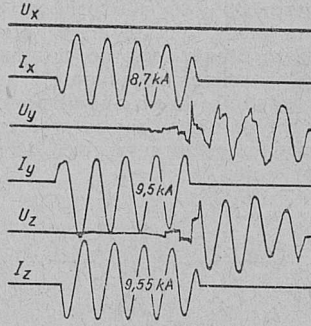


Rys. 7. Oscylogram wyłączania 8,31 kA przy 17,0 kV przez wyłącznik WOW242



Rys. 8. Oscylogram wyłączania 8,98 kA przy 17,0 kV przez wyłącznik WOW242

Brak napięcia jednej fazy wskutek uszkodzenia obwodu pętlicy oscylografu



Rys. 9. Oscylogram wyłączania 9,25 kA przy 17,0 kV przez wyłącznik WOW242

Brak napięcia jednej fazy wskutek uszkodzenia obwodu pętlicy oscylografu. Po wyłączeniu stwierdzono pęknięcie 3 izolatorów przepustowych wyłącznika

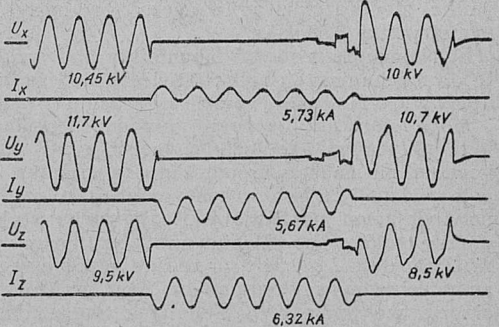
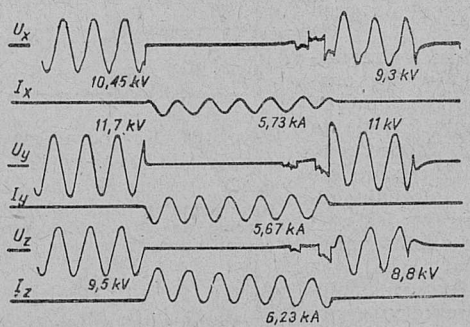
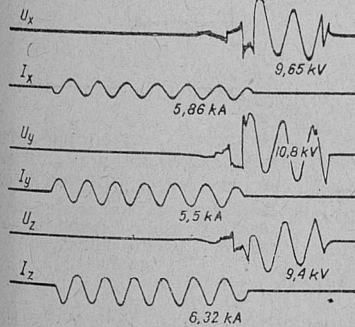
Wyniki niektórych ciekawszych prób zestawiono w tabl. II. Rys. 1—11 przedstawiają oscylogramy z prób. Na podstawie przeprowadzonych badań została wydana o konstrukcji wyłącznika następująca opinia:

Opinia

Na podstawie przeprowadzonych prób wyłączników olejowych wewnętrznych typu WOW-242, 15 kV, 400 A z napędami typu NS2 oraz napowietrznych typu WON-242, 15 kV, 400 A w Zakładzie A-10 i stacji wielkich mocy w Czechosłowacji oraz na podstawie prób, przeprowadzonych w Zakładzie Wysokich Napięć IEL i badań izolatorów porcelanowych i materiałów izolacyjnych z papieru bakelizowanego, stosowanych w tych wyłącznikach, stwierdza się, że wyłącznikom tym będzie można przypisać bez ponownych prób zwarciowych, lecz po uwzględnieniu zaleceń umieszczonych niżej następujące dane znamionowe:

U_n	— 15 kV,
I_n	— 400 A,
$I_{z\text{a}\ell}$	— 20 kA,
I_{1s}	— 8 kA,

napięcie znamionowe
prąd znamionowy
prąd załączalny
wytrzymałość cieplna 1-sek.



Rys. 10. Oscylogramy próby łączenia przez wyłącznik WOW242 w szeregu W-3 min-ZW-3 min-ZW prądów 5,90—5,88—5,91 kA przy napięciach 17,2—16,8—16,8 kV

W wyniku licznych prób zwarciowych, przeprowadzonych w zakresie prądów od 1 do 5 kA, stwierdzono, że w tym zakresie nie daje się zaobserwować powiększenia czasu łukowego, wskazującego na istnienie prądu krytycznego. Czas łukowy wahał się od 1,6 do 2,5 okresów (dla porównania należy zaznaczyć, że podczas wyłączania prądu ok. 8 kA czas łukowy

wytrzymałość cieplna 5-sek.
prąd wyłączalny symetryczny
moc wyłączalna przy napięciu 15 kV
moc łączeniowa wyłącznika z napędem NS2 w szeregu łącheń W-0,5"-ZW (SPZ) $S_{100\%}$ — 150 MVA.

I_{1s}	— 7 kA,
$I_{wy\ell}$	— 6 kA,
S	— 150 MVA,

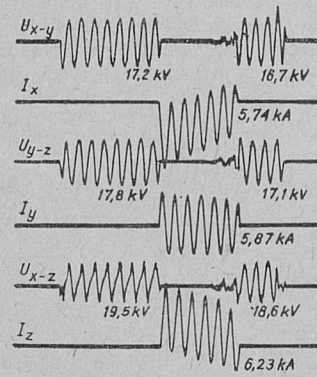
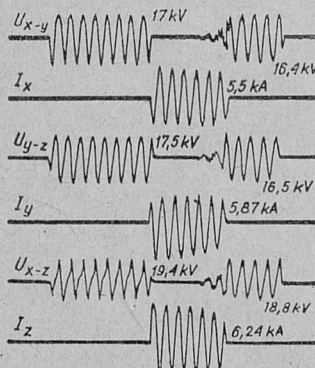
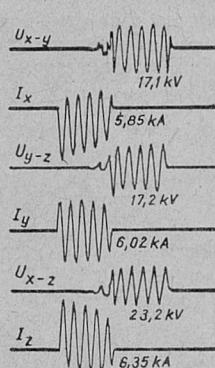
Ze względu na znaczny ubytek oleju należy po wykonaniu szeregu łącheń zwarciowych samoczynnego ponownego załączania uzupełnić olej do przepisanej poziomu, jeżeli wyłącznik nie może być bezpośrednio poddany przeglądowi.

Przeprowadzone próby zwarciowe wykazały, że wyłącznik może wyłączać prądy zwarciowe rzędu 8 kA (200 MVA przy

*) Z oznacza załączenie na obwód zwarty, W — wyłączenie zwarzenia, 3 min — 3 minuty przerwy pomiędzy wyłączeniem i następnym załączeniem.
*) Oznaczenia Z i W jak wyżej, $t_{\min}$ oznacza najmniejszy osiągalny przy danym napędzie wyłącznika czas bezprądowy pomiędzy wyłączeniem i następnym załączeniem.

15 kV), lecz zbyt słabe mechanicznie izolatory często ulegają uszkodzeniom podczas wyłączania.

Po przekonstruowaniu izolatorów wyłącznikowi można będzie (po przeprowadzeniu prób) przypisać moc 200 MVA.



Rys. 11. Oscylogramy próby łączenia przez wyłącznik WOW242 w szeregu W-3 min-ZW-3 min-ZW prądów 6,07—5,87—5,95 kA przy napięciach 19,2—17,2—17,5 kV

Uwagi dotyczące niezbędnych zmian konstrukcyjnych

a) Należy zastosować mocniejsze mechanicznie izolatory przepustowe. Podczas prób zdolności wyłączania prądów zwarciovych stwierdzono liczne przypadki pęknięcia izolatorów przepustowych przy mocach wyłączeniowych powyżej 150 MVA. Próby wykazały, że wyłącznik jest w stanie wyłączyć większe moce zwarciovych, rzędu 200 MVA, pod warunkiem mechanicznego wzmocnienia izolatorów przepustowych. (W jednym przy-

do czasu ustalenia specjalnych warunków na krajowe materiały izolacyjne tego typu.

e) Stwierdzono, że wskaźniki poziomu oleju z pływakiem pracują wadliwie, gdyż po pierwsze nie dają właściwych

wskazań podczas pracy normalnej wyłącznika, po drugie w czasie wyłączania zwarć szklane kloszki tych wskaźników tłuką się przy uderzeniu o nie pręta wskaźnikowego znajdującego się wewnątrz.

Według informacji uzyskanych w Zakładzie A-10 izolatory wzmocnione są już opracowane i zamówione, w roku bieżącym przewiduje się powtórna próbę wyłącznika w celu przypisania mu mocy 200 MVA; w procesie technologicznym zwrócono szczególną uwagę na staranne spawanie obrzeży; konstrukcję rolek zmieniono zgodnie z zaleceniami IEL i wprowadzono do produkcji; do produkcji poprzeczek, prowadnic i cięgieł izolacyjnych użyty będzie wyłącznie materiał, odpowiadający wymaganiom norm; wprowadzono do produkcji boczne wskaźniki oleju.

Tablica III

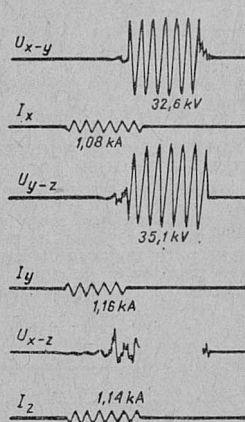
L. p.	Typ i nr fabr. wyłącznika	Składowa okresowa prądu zwarciovego I_{ws} (kA)	Prąd udarowy i_u (kA)	Czas trwania zwarcia (sec)	Uwagi
1	WOW 362, Nr 13250	7,3	15,0	0,61	Wynik próby dodatni
2	" "	5,34	.	5,00	" "
3	" "	6,68	.	1,10	" "
4	WOW 362, Nr 20078	7,5	10,6	0,72	Przyspawanie styków
5	" "	8,3	12,3	0,16	" "
6	" "	8,8	13,6	0,68	" "

padku stwierdzono, że wyłącznik wyłączył poprawnie prąd symetryczny 8,98 kA).

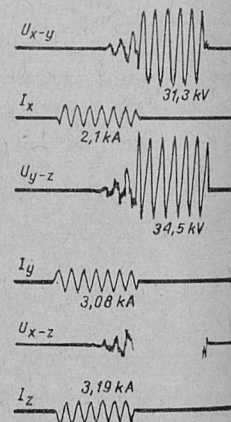
b) Należy zastosować mocniejsze pod względem wytrzymałości mechanicznej rolki. Stwierdzono, że rolki w wykonaniu obecnym pękają przy wyłączaniu prądów zwarciovych i mogą stać się przyczyną uszkodzeń wyłącznika. Wada ta była przyczyną eksplozji wyłącznika NF 13485. Stwierdzono bowiem na podstawie położenia wskaźnika znajdującego się w napędzie NS2, który zastano po eksplozji w położeniu odpowiadającym początkowej fazie ruchu styków (co jest widoczne także na zdjęciu nr 2 w teście protokołów prób nr 225 z dnia 23.10.54 r. — znajdującej się w aktach I. El.) oraz na podstawie oscylogramu nr 4977, w którym krzywa napięcia ma we wszystkich biegach ten sam charakterystyczny dla omawianego przypadku przebieg, że styki ruchome wyłącznika zatrzymały się przy wyłączaniu w niewielkiej odległości od nieruchomych i tak pozostawały, a łuk utrzymywał się przez czas tak długi, że po sześciu okresach nastąpił zapłon wytworzonej wewnątrz wyłącznika mieszanki powietrzno-gazowej.

c) Należy zastosować trwałe i dokładnie dopasowane uszczelnienia zbiornika z pokrywą. W czasie prób stwierdzono przypadki wysadzenia wkładki uszczelniającej przy wzroście ciśnienia w zbiorniku. W jednym przypadku odpadło obrzeże przytrzymujące wkładkę uszczelniającą wskutek niewłaściwego spawania obrzeża z pokrywą.

d) Należy wykonywać poprzeczki izolacyjne, prowadnice i cięgiła z materiału o wyższej jakości, a mianowicie odpowiadające wymaganiom normy GOST-2718-54 dla grupy B1



Rys. 12. Oscylogram wyłączenia 1,13 kA przy 33,9 kV przez wyłącznik WON362. Brak jednego napięcia międzyprzewodowego wskutek uszkodzenia obwodu petlicy oscylografu



Rys. 13. Oscylogram wyłączenia 2,79 kA przy 32,9 kV przez wyłącznik WON362. Brak jednego napięcia międzyprzewodowego wskutek uszkodzenia obwodu petlicy oscylografu

3. Wyłączniki pełnoolejowe na 30 kV, 600 A, typu WON 362 z napędem silnikowym typu NSI.

Badania wytrzymałości cieplnej przeprowadzono w układzie jednofazowym przy posobnym połączeniu styków wszystkich biegów. Wyniki badań zestawiono w tabl. III.

Badania zdolności załączania i wyłączania miały na celu wyznaczenie wartości krytycznego prądu wyłącznika, wartości prądów załączalnego i wyłączalnego w szeregu łączy W — min — ZW — 3 min — ZW oraz wartości prądu wyłączalnego w szeregu łączy samoczynnego ponownego załączania W — t_{min} — ZW.

Ze względu na wielki zakres przeprowadzonych prób podano tu jedynie te wyniki, które mają znaczenie dla oceny typu konstrukcji, i pominięto te wszystkie próby, które miały na

Tablica III

L. p.	Nr fabr. wyłącznika	Rodzaj próby	Nr oscylogramu	Napięcie powrotne		Prąd wyłączeniowy			Prąd załączeniowy (kA)	Moc wyłączeniowa symetr. (MVA)	Czas		Ubytek oleju (l)	Uwagi
				fazowe (kV)	skojarzone średnie (kV)	symetr. (kA)	sym. średni (kA)	składowa stała (%)			łukowy (okr.)	zwarcia (okr.)		
1	12017	W	2901 (rys. 1)	11,1 10,2 8,6	17,3	0,97 1,15 1,01	1,04	23 3 3	—	27	2,0 2,1 2,1	4,5 4,0 4,5	0,2	Niewielki ubytek oleju.
2	12017	W	2905 (rys. 2)	11,2 10,2 8,6	17,3	1,79 1,91 1,84	1,83	31 21 21	—	47,5	2,0 2,3 2,6	5,0 5,0 4,5	0,15	Niewielki ubytek oleju.
3	12017	W	2973 (rys. 3)	10,4 11,4 9,0	17,7	2,41 2,43 2,58	2,47	16 5 20	—	64,5	1,7 1,4 1,7	4,5 4,0 4,0	0,15	Niewielki ubytek oleju.
4	12017	W	2974 (rys. 4)	10,3 11,0 8,7	17,3	4,40 4,38 4,78	4,50	21 28 12	—	117	2,0 2,0 1,2	4,1 4,1 3,5	.	Niewielki ubytek oleju.
5	13482	W	2982 (rys. 5)	10,6 11,4 9,3	18,0	5,83 5,80 6,65	6,09	7 38 27	—	158	2,2 2,0 2,2	4,5 4,5 4,5	9	Silny wyrzut znacznej objętości oleju.
6	12017	W	2975 (rys. 6)	10,1 10,9 9,1	17,3	7,10 7,30 8,10	7,50	6 11 7	—	195	1,7 1,9 1,9	4,5 4,5 4,2	.	Wybuch wewnątrz zbiornika, pęknięcie spoiny zbiornika, zapłon gazów; przebieg procesu wyłączeniowego niezakłócony.
7	13482	W	3175 (rys. 7)	10,5 11,1 8,7	17,0	7,93 8,20 8,80	8,31	19 61 33	—	215	1,8 1,4 1,8	4,6 4,25 4,4	1,3	Wyrzut oleju i znacznej ilości gazów, ciężki przebieg wyłączania.
8	13482	W	3176 (rys. 8)	11,1 8,7	(17,0)	8,60 8,80 9,55	8,98	16 20 0	—	(264)	1,9 1,75 1,9	4,9 4,55 4,5	1,3	Wyrzut oleju i znacznej ilości gazów, silny wstrząs wyłącznika.
9	13482	W	3177 (rys. 9)	.	(17,0)	8,70 9,50 9,55	9,25	15 26 6	—	(271)	2,0 2,0 2,2	4,6 4,4 4,6	2,5	Wyrzut oleju i niewielkiej ilości gazów, złamane pod pokrywą 3 izolatory przepustowe.
10	13485	W	3214 (rys. 10a)	9,65 10,8 9,4	17,2	5,86 5,50 6,32	5,90	0 6 15	—	151	2,1 1,9 2,1	6,8 6,5 6,5	.	Po wszystkich wyłączeniach niewielki wyrzut oleju i gazów; ubytek oleju łączny 1,7 l; przebieg wyłączenia prawidłowy, uszkodzeń wyłącznika nie stwierdzono.
		ZW	3215 (rys. 10b)	9,3 11,0 8,8	16,8	5,73 5,67 6,23	5,88	44 19 59	14,2 11,5 18,9	151	2,2 2,0 2,1	6,1 6,0 6,1	.	
		ZW	3216 (rys. 10c)	10,0 10,7 8,5	16,8	5,73 5,67 6,32	5,91	35 39 2	16,0 15,8 10,1	151	2,2 2,0 2,2	6,3 6,0 6,3	.	
11	16519	W	5125 (rys. 11a)	.	19,2	5,85 6,02 6,35	6,07	45 0 37	—	157,5	2,3 2,2 2,4	5,0 4,7 4,8	.	Po wszystkich wyłączeniach znaczny wyrzut oleju i gazów; ubytek oleju łączny (po 3 wyłączeniach) 15 l; stwierdzono złamanie dwóch rolek przewodniczy; niewielkie zużycie styków.
		ZW	5126 (rys. 11b)	.	17,2	5,50 5,87 6,24	5,87	4 16 6	8,17 10,8 9,9	152	2,8 2,6 2,8	6,4 6,3 6,3	.	
		ZW	5127 (rys. 11c)	.	17,5	5,74 5,87 6,23	5,95	66 27 54	18,5 9,2 17,2	151	2,5 2,7 2,6	5,9 6,2 5,9	.	
12	13482	W	3209	10,3 10,9 8,8	17,3	7,50 7,10 8,10	7,60	9 28 29	—	197	1,7 1,5 1,7	6,5 6,2 6,2	.	Po wszystkich wyłączeniach niewielki wyrzut oleju i czarnego dymu; całkowity ubytek oleju 2,5 l; stwierdzono pęknięcie rolek przewodniczy oraz złamanie 3 izolatorów przepustowych.
		ZW	3210	10,1 10,5 8,2	16,6	7,40 7,10 8,20	7,60	27 18 20	20,8 16,4 16,0	197	1,4 1,7 1,7	4,9 5,1 5,1	.	
		ZW	3211	.	.	7,40 7,05 8,40	7,62	27 0 26	19,3 11,8 19,2	.	1,3 1,3 1,2	5,9 5,9 6,1	.	
13	16519	W	0,48 s	.	18,15	6,54 5,70 5,12	5,79	19 19 27	—	151	1,7 1,4 1,25	3,8 3,8 3,4	.	Silny wyrzut oleju, szczególnie po drugim wyłączeniu; ubytek oleju po szeregu łączów W-t-ZW 11 l.
		ZW	.	.	16,48	5,92 5,36	5,64	9 0	.	146	2,4 2,2 2,1	7,8 7,8	.	

Uwaga. Moc wyłączeniowa obliczona przy napięciu znamionowym, a nie przy napięciu powrotnym, wyższym podczas prób od znamionowego

Tablica IV

L. p.	Nr fabr. wyłącznika	Rodzaj próby	Nr oscylogramu	Napięcie powrotne		Prąd wyłączeniowy			Prąd załączniowy (kA)	Moc wyłączniowa symetr. (MVA)	Czas		Ubytek oleju (l)	Uwagi
				skojarzone (kV)	skojarzone średnie (kV)	symetr. (kA)	symetr. średni (kA)	składowa stała (%)			łukowy (okr.)	zwarcia (okr.)		
1	20079	W	4834 (rys. 12)	32,6 35,1	33,9	1,08 1,16 1,14	1,13	· · ·	— — —	59	3,6 2,1 3,6	6,3 6,1 6,1	1,5	Wyrzut oleju rurą wydechową oraz dokoła przez uszczelkę.
2	20079	W	4835 (rys. 13)	31,3 34,5	32,9	2,10 3,08 3,19	2,79	· · ·	— — —	146	3,9 3,9 3,4	7,0 6,9 6,6	3,0	Wyrzut oleju rurą i przez uszczelkę, silniejszy wyrzut.
3	20079	W	4836 (rys. 14)	31,5 34,5	33,0	3,60 3,76 4,10	3,82	10 0 15	— — —	199	3,5 4,0 3,5	5,9 6,1 5,9	8,0	Silny wyrzut oleju przez rurę i uszczelki; długotrwałe wydostawanie się oleju i gazów; stan styków dobry.
4	20079	W	4838	31,3 33,7	32,5	4,25 4,17 5,12	4,51	0 25 30	— — —	235	3,6 3,8 4,0	7,6 7,4 7,4	·	Silny wyrzut oleju; przy załączaniu wyłącznika wyczuwalny opór mechanizmu; stwierdzono złamanie rolek i zacieranie się ich w prowadnicach.
5	20078	W	4917	32,6 33,8	33,2	4,84 5,36 5,80	5,47	9 7 15	— — —	285	3,8 3,7 3,3	7,1 7,1 6,5	10	Silne dymienie i wytłaczanie oleju z długotrwałym syczeniem.
6	20078	W	4918 (rys. 15)	33,4 34,7	34,1	5,30 5,70 6,54	5,85	8 17 21	— — —	305	2,8 2,8 2,2	5,8 5,8 4,9	4	Mniejszy wyrzut oleju, nieco dymu.
7	20078	W	4924 (rys. 16)	33,9 34,9	34,4	4,40 4,90 5,27	4,86	0 56 46	— — —	253	3,9 3,9 3,6	5,7 5,7 5,3	18	Chmura dymu, znaczny ubytek oleju, wyłączenie ciężkie; stwierdzono złamanie rolki, które prawdopodobnie spowodowało zatrzymanie poprzeczki podczas wyłączania.
8	20079	W	5024 (rys. 17a)	33,3 36,0 33,3	34,2	5,60 6,80 6,70	6,40	5 56 48	— — —	332	3,1 3,3 3,1	6,1 6,2 6,0	·	Przebieg wyłączenia lekki; ogólny ubytek oleju 25 l; przed próbą wzmocniono rolki metalowymi podkładkami, po próbie stwierdzono złamanie jednej rolki; zużycie styków nieznaczne; obserwowano silne wstrząsy wyłącznika; wyłączeniu towarzyszyło silne syczenie i wyrzut oleju nawet przez szczeliny między wałkiem napędowym i jego panewkami.
		ZW	5025 (rys. 17b)	35,4 37,8 31,5	34,9	5,10 6,20 6,10	5,80	8 9 8	14,5 18,2 12,7	302	2,6 2,7 2,7	11,1 11,2 11,2	·	
		ZW	5026 (rys. 17c)	31,6 34,2 31,5	32,4	5,20 6,20 6,10	5,83	12 15 8	15,0 18,0 10,6	302	3,2 2,5 3,0	9,6 9,1 9,7	·	
9	20078	W	5029 (rys. 18)	33,4 35,8 33,3	34,2	3,80 4,60 4,40	4,29	18 6 18	— — —	224	3,0 3,85 3,6	5,75 5,8 5,75	25	Przebieg wyłączenia lekki; ogólny ubytek oleju 25 l; podczas wyłączania silne syczenie i wydzielanie ciemnego dymu; po próbie stwierdzono pęknięcie jednej rolki pomimo wzmocnienia podkładkami.
		ZW		30,8 33,7 31,7	32,1	3,60 4,40 4,10	4,00	5 0 4	5,80 6,80 6,40	208	3,45 3,45 3,15	6,9 7,1 6,9	·	
10	20078	W	5079 (rys. 19)	32,9 32,9 31,8	32,5	6,78 7,00 6,91	6,90	7 54 47	— — —	360	3,2 3,35 3,3	5,4 5,6 5,4	17	Znaczny ubytek oleju spowodowany wypchnięciem uszczelki; wyłączeniu towarzyszyło wydzielanie czarnego dymu; pękła jedna rolka.

U w a g a 1. W części oscylogramów brak trzeciego napięcia powtórnego wskutek defektu obwodu pętlicy oscylografu.

U w a g a 2. Moc wyłączniowa obliczona przy napięciu znamionowym, a nie napięciu powrotnym, wyższym podczas prób od znamionowego.

celu orientacyjne określenie własności zwarciovych wyłącznika przed przeprowadzeniem właściwych prób typu.

W wyniku licznych prób zwarciovych przeprowadzonych w zakresie prądów od 1 do 4 kA stwierdzono, że w tym zakresie nie daje się zaobserwować powiększenia czasu łukowego wskazującego na istnienie prądu krytycznego.

Wyniki niektórych ciekawszych prób zestawiono w tabl. IV. Rys. 12—19 przedstawiają oscylogramy z prób przedstawionych w tej tablicy.

Opinia

Na podstawie przeprowadzonych prób wyłączników olejowych typu WON 362, 30 kV, 600 A w Zakładzie A-10 i zagra-

nicznej stacji zwarciovowej oraz na podstawie przeprowadzonych w Zakładzie Wysokich Napięć i. El. badań izolatorów porcelanowych i materiałów izolacyjnych z papieru bakelizowanego, stosowanych w tych wyłącznikach, stwierdza się, że wyłącznikom tym można będzie przypisać po uwzględnieniu założeń umieszczonych niżej następujące dane znamionowe:

napięcie znamionowe
prąd znamionowy
prąd załączalny
wytrzym. cieplna 1-sekundowa
wytrzym. cieplna 5-sekundowa
prąd wyłączalny symetryczny

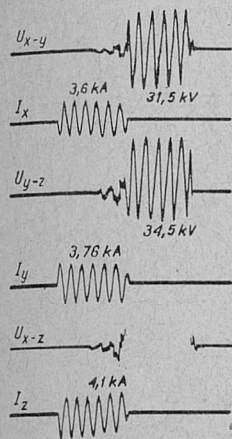
U_n — 30 kV,
 I_n — 600 A,
 $I_{zał}$ — 18 kA,
 I_{1sek} — 7 kA,
 I_{5sek} — 6 kA,
 $I_{wył}$ — 6 kA,

moc wyłączalna przy napięciu 30 kV
 i napędzie ręcznym
 moc wyłączalna przy napięciu 30 kV
 i napędzie NS1
 moc łączeniowa wyłącznika z napędem
 NS1 w szeregu łączy W—0,6"—ZW

S — 200 MVA,
 S — 300 MVA,
 S — 200 MVA.

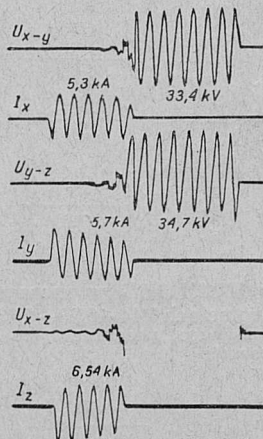
c) Należy wykonywać poprzeczki izolacyjne, prowadnice i ciągi z materiału wyższej jakości, a mianowicie odpowiadającego wymaganiom normy GOST-2718-54 grupy B1, do czasu ustalenia specjalnych warunków na krajowe materiały izolacyjne tego typu.

d) Należy wzmocnić konstrukcję sprzęgła napędu. W czasie



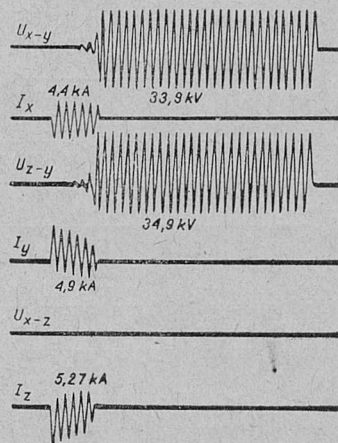
Rys. 14. Oscylogram wyłączenia 3,82 kA przy 33,0 kV przez wyłącznik WON362

Brak jednego napięcia międzyprzewodowego wskutek uszkodzenia obwodu pętlicy oscylografu



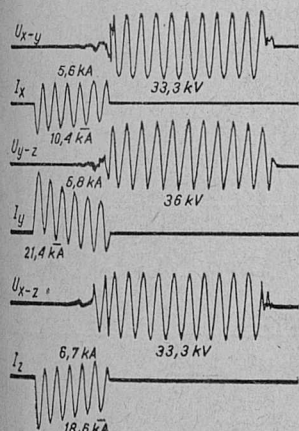
Rys. 15. Oscylogram wyłączenia 5,85 kA przy 34,1 kV przez wyłącznik WON362

Brak jednego napięcia międzyprzewodowego wskutek uszkodzenia obwodu pętlicy oscylografu



Rys. 16. Oscylogram wyłączenia 4,86 kA przy 34,4 kV przez wyłącznik WON362

Brak jednego napięcia międzyprzewodowego wskutek uszkodzenia obwodu pętlicy oscylografu. Przebieg wyłączenia nieprawidłowy wskutek złamania rolki i zatrzymania poprzeczki. Wyłącznik wyłączył bardzo ciężko, przy silnym wyrzucie oleju (18 litrów)



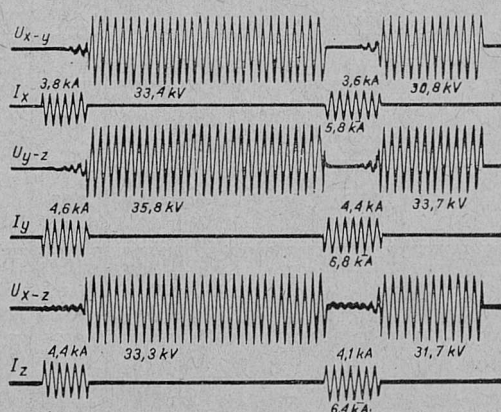
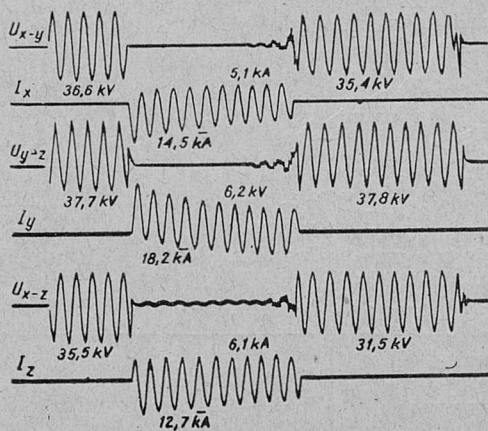
Rys. 17. Oscylogramy wyłączenia przez wyłącznik pełnoolejowy WON 362 w szeregu łączy W-3 min-ZW-3 min-ZW prądów 6,40—5,80—5,83 kA przy napięciach 34,2—34,9—32,4 kV

Ze względu na znaczny ubytek oleju należy po wykonaniu szeregu łączy zwarciovych samoczynnego ponownego załączania uzupełnić olej do przepisanej poziomu, jeżeli wyłącznik nie może być bezpośrednio poddany przeglądowi.

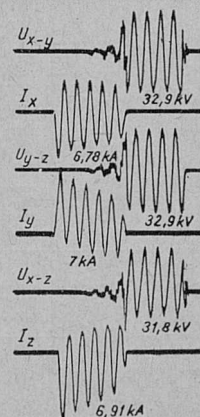
Uwagi dotyczące niezbędnych zmian konstrukcyjnych

a) Należy zastosować mocniejsze pod względem wytrzymałości mechanicznej rolki współpracujące z prowadnicami. Stwierdzono, że rolki w wykonaniu dotychczasowym łamią się już przy wyłączeniu prądów zwarciovych rzędu 3 kA. Prowadzi to do zakleszczania się pozostałości rolek między prowadnicami i pociągania unieruchomienie poprzeczki przy wyłączeniu. Przypadek taki zanotowano w czasie prób w dniach 19.10 i 26.10.1954 r.

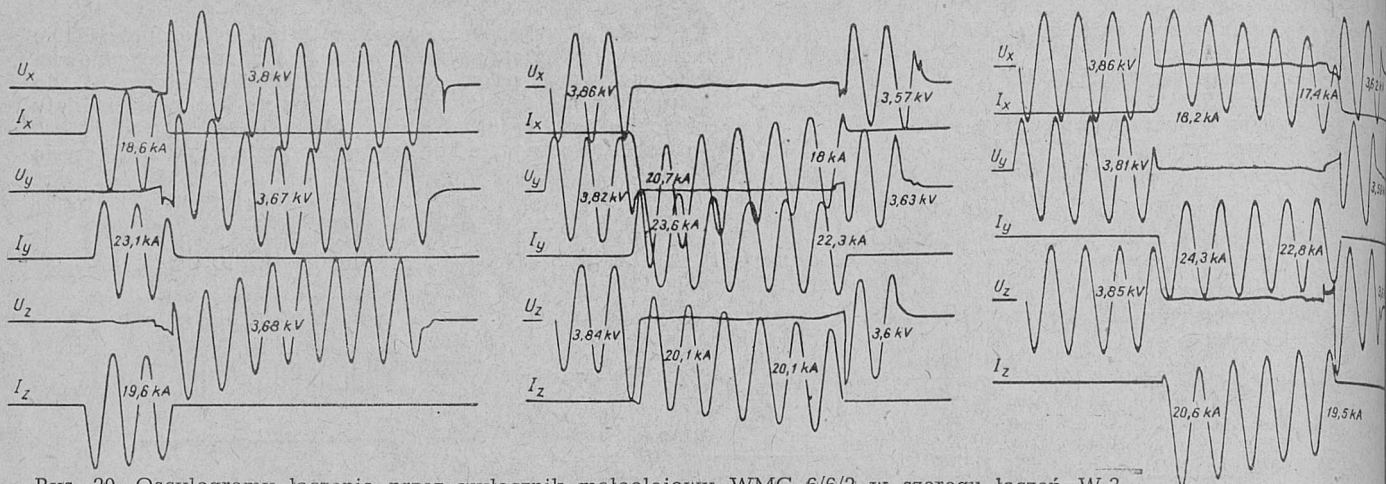
b) Należy zastosować trwałe i dokładnie dopasowane uszczelnienie zbiornika z pokrywą. W czasie prób stwierdzono przypadki wysadzenia wkładki uszczelniającej przy wzroście ciśnienia w zbiorniku, gdyż krawędzie zbiornika nie natrafia na wkładkę pod pokrywą.



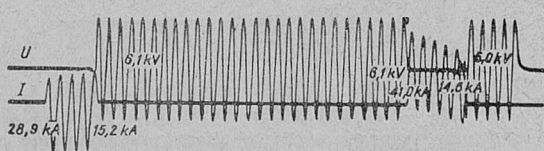
Rys. 18. Oscylogram łączenia przez wyłącznik pełnoolejowy WON362 z napędem silnikowym NS1 w szeregu łączy samoczynnego ponownego załączania W-0,6 s-ZW prądów 4,29—4,00 kA przy napięciach 34,2—32,1 kV



Rys. 19. Oscylogram wyłączenia przez wyłącznik WON362 prądu 6,90 przy napięciu 32,5 kV



Rys. 20. Oscylogramy łączenia przez wyłącznik małosiękowy WMG 6/6/2 w szeregu łączeń W-3 min-ZW-3 min-ZW prądów 20,4–19,7–19,9 kA przy napięciach 6,44–6,23–6,23 kV. Na oscylogramach widać wyjątkowo duże wartości prądu załączeniowego, przekraczające zwykle spotykane wartości składowej nieokresowej



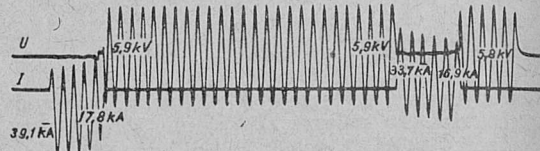
Rys. 21. Oscylogram łączenia przez wyłącznik małosiękowy WMG 6/6/2 w szeregu łączeń samoczynnego ponownego załączania W-0,54 s-ZW prądów 15,2–14,6 kA przy napięciach 6,1–6,0 kV

prób dwukrotnie zaistniała potrzeba poprawiania sprzęgła przez uzupełnianie go podkładkami umieszczanymi doraźnie pomiędzy szczękami ciernymi.

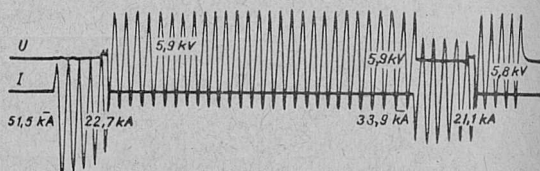
e) Należy zmienić materiał użyty w przekładni ślimakowej napędu; stwierdzono deformację kół zębatych ślimaka oraz ułożyskowania.

f) Należy poprawić pracę przełączników sterowniczych i sygnalizacyjnych napędu tak, aby nie mogły one się rozregulowywać lub wyprzeżać.

g) Należy przewidzieć taki sposób ustalania sworzni dociskających zbiornik do pokrywy, aby nie mogły się one przesunąć ku górze przy dokręcaniu nakrętek i przez to nie mogły



Rys. 22. Oscylogram łączenia przez wyłącznik małosiękowy WMG 6/6/2 w szeregu łączeń samoczynnego ponownego załączania W-0,51 s-ZW prądów 17,8–16,9 kA przy napięciach 5,9–5,8 kV



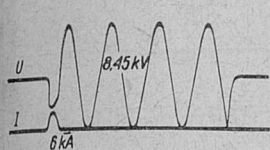
Rys. 23. Oscylogram łączenia przez wyłącznik małosiękowy WMG 6/6/2 w szeregu łączeń samoczynnego ponownego załączania W-0,51 s-ZW prądów 22,7–21,1 kA przy napięciach 5,9–5,8 kV

Tablica V

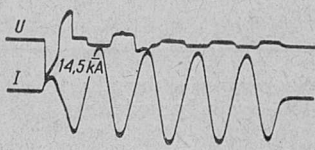
L.p.	Rodzaj próby	Nr oscylogramu	Napięcie powrotne		Prąd wyłączniowy			Prąd załączeniowy (kA)	Moc wyłączniowa symetr. (MVA)	Uwagi
			fazowe (kV)	skojarzone średnie (kV)	symetr. (kA)	symetr. średni (kA)	składowa stała (%)			
1	W 3 min ZW 3 min ZW	2895 (rys. 20a)	3,80 3,67 3,68	6,44	18,6 23,1 19,6	20,4		— — —	212	Wyłączanie prawidłowe. W dwóch biegach kulka zaworu nie wróciła do położenia spoczynkowego. Styki silnie opalone. W jednym biegu w komorze stwierdzono odlupanie górnej warstwy grubości ok. 2 mm. Nadpęknienie tulei izolacyjnej. Wartości prądu załączeniowego anormalnie duże, uzasadnione teoretycznie niejednoczesnością zetknięcia styków (zwarcie niejednoczesne).
		2896 (rys. 20b)	3,57 3,63 3,60	6,23	18,0 22,3 18,8	19,7		73,0 44,2 53,0	205	
		2897 (rys. 20c)	3,62 3,59 3,60	6,23	17,4 22,8 19,5	19,9		57,0 44,8 53,0	207	
2	W t = 0,54s ZW	3023 (rys. 21)	6,1	—	15,2	—		—	162	Próba SPZ w układzie jednobiegowym. Przebieg próby normalny, opalenie styków nieznaczne, kulka zaworu nie wróciła do położenia spoczynkowego.
			6,0	—	14,6	—		41,0	152	
3	W t = 0,51s ZW	3024 (rys. 22)	5,9	—	17,8	—		—	182	Próba SPZ w układzie jednobiegowym. Przebieg próby normalny, opalenie styków nieznaczne, pęknięcie tulei izolacyjnej.
			5,8	—	16,9	—		33,7	170	
4	W t = 0,54s ZW	3025 (rys. 23)	5,9	—	22,7	—		—	233	Próba SPZ w układzie jednobiegowym. Przebieg próby normalny, silne opalenia styków, wyłączeniu towarzyszył silny wyrzut gazów i oleju. Z komory został wysunięty bolec drewniany. Tuleja izolacyjna pęknięta.
			5,8	—	21,1	—		33,9	213	

skracać swobodnej długości przeznaczonej dla nakrętki.

Uwaga dotycząca konstrukcji napędu. Napęd silnikowy, zainstalowany w wyłącznikach przedstawionych do prób nie spełnił postawionych mu wymagań w zakresie jakości montażu oraz odporności na zużycie mechaniczne, w związku z czym opinia niniejsza nie obejmuje wykonania napędu, który do prób był przedstawiony w wyko-

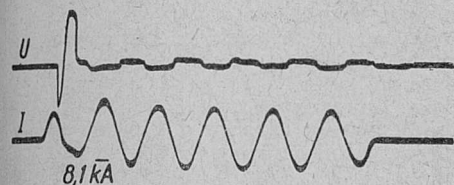


Rys. 24. Oscylogram wyłączenia 9,8 kA przy 8,45 kV przez wkładkę bezpiecznikową na 10 kV, 32 A



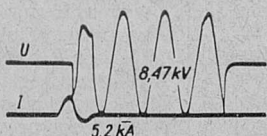
Rys. 25. Oscylogram wyłączenia 9,8 kA przy 8,45 kV przez wkładkę bezpiecznikową na 10 kV, 32 A

Bezpiecznik nie wyłączył zwarcia

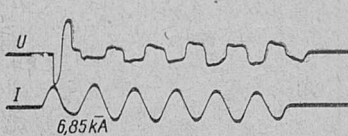


Rys. 28. Oscylogram wyłączenia przez wkładkę bezpiecznikową na 10 kV, 100 A prądu 4,7 kA przy napięciu 8,6 kV

Bezpiecznik nie wyłączył

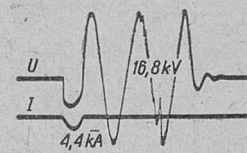


Rys. 29. Oscylogram wyłączenia przez wkładkę bezpiecznikową na 10 kV, 100 A prądu 3,4 kA przy 8,5 kV

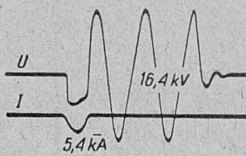


Rys. 30. Oscylogram wyłączenia przez wkładkę bezpiecznikową na 10 kV, 100 A prądu 3,4 kA przy napięciu 8,5 kV

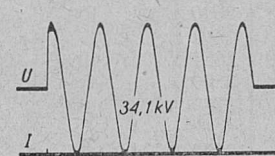
Bezpiecznik nie wyłączył



Rys. 31. Oscylogram wyłączenia przez wkładkę bezpiecznikową na 20 kV, 5 A prądu 4,47 kA przy napięciu 16,8 kV



Rys. 32. Oscylogram wyłączenia przez wkładkę bezpiecznikową na 20 kV, 32 A prądu 4,47 kA przy napięciu 16,4 kV



Rys. 33. Oscylogram wyłączenia przez wkładkę bezpiecznikową na 30 kV dla przekładników napięciowych prądu ok. 7 kA przy napięciu 33 kV

naniu prototypowym. Przeprowadzone próby wykazały, że właściwie wyregulowany napęd odpowiada w zakresie prób typu wymaganiom wynikającym z współpracy z wyłącznikiem.

Według informacji, otrzymanych z Zakładu A10 konstrukcję rolek zmieniono zgodnie z wymaganiami IEL i wprowadzono do produkcji; do produkcji poprzeczek, przewodnic i cięgieł izolacyjnych użyty zostanie wyłącznie materiał, odpowiadający wymaganiom norm; napęd silnikowy typu NS1 został już onarzędziowany i usunięto zauważone dotychczas usterki.

4. Wyłączniki małoolejowe na 6 kV, 600 A, 200 MVA, typu WMG 6/6/2 z napędem silnikowym typu NS1.

Badania wyłączników, były próbami uzupełniającymi, ponieważ podczas prób przeprowadzonych w r. 1953^{*)} uległ uszkodzeniu mechaniczemu napęd wyłącznika, co uniemożliwiło wykonanie prób w szeregu łączy W — 3 min — ZW — 3 min — ZW oraz prób łączy w szeregu samoczynnego ponownego załączenia.

Przeprowadzone próby uzupełniające objęły próby zdolności łączenia w szeregu W — 3 min — ZW — 3 min — ZW oraz próby łączy w szeregu samoczynnego ponownego załączenia. Wyniki badań zestawione w tabl. V wykazują, że wyłącznik spełnił postawione mu wymagania. W szczególności okazało się, że wbrew opinii z r. 1953, że prawidłowo wyregulowany napęd silnikowy NS1 na prąd zmienny nadaje się do wyłącznika. Przeprowadzone w 1953 r. próby, w czasie których napęd uległ uszkodzeniu, dowodzą jedynie, jak wielką rolę odgrywa właściwe wykonanie i wyregulowanie napędu.

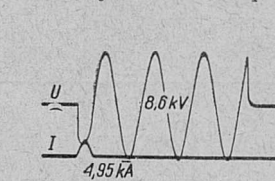
Na podstawie przeprowadzonych badań w r. 1953 oraz 1954 Instytut Elektrotechniki wydał opinię, w której stwierdza się, że wyłącznik WMG 6/6/2 z napędem silnikowym typu NS1 wykonany zgodnie z dokumentacją techniczną (podano numery rysunków) posiada następujące dane znamionowe:

napięcie znamionowe	$U_n = 6 \text{ kV}$,
prąd znamionowy	$I_n = 600 \text{ A}$,
prąd wyłączalny	$I_{wył} = 20 \text{ kA}$,
prąd załączalny	$I_{zał} = 52 \text{ kA}$,
wytrzymałość cieplna 1-sekundowa	$I_{1s} = 30 \text{ kA}$,
moc wyłączalna przy napięciu 6 kV	$S_n = 200 \text{ MVA}$,
moc wyłączalna przy napięciu 3 kV	$S_n = 100 \text{ MVA}$,
moc wyłączalna w cyklu W—0,54 s—ZW przy napięciu 6 kV,	$S = 200 \text{ MVA}$.

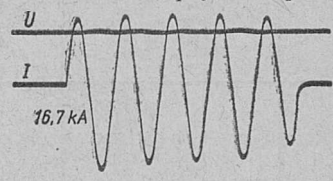
5. Bezpieczniki wielkiej mocy wyłączalnej.

Badania miały na celu wyznaczenie mocy wyłączalnej bezpieczników. Próby przeprowadzono w układzie jednofazowym; ze względu na przejściowe niedostosowanie stacji wielkiej mocy do prób tego typu nie można było uzyskać pożądaných

wartości napięć powrotnych. Bezpieczniki 10-kilowoltowe, przeznaczone do pracy na napięciach 6 kV i 10 kV, badano przy napięciu powrotnym 8,3—8,6 kV oraz 9,5 kV; bezpieczniki 20-kilowoltowe przeznaczone do pracy przy napięciu 15 kV badano przy napięciu powrotnym 16,4—17,0 kV. Wyniki badań zestawione są w tablicy VI. Wyniki te wskazują, że istnieje bardzo duży rozrzut w zdolności wyłączania posz-



Rys. 26. Oscylogram wyłączenia 16,5 kA przy 8,6 kV przez wkładkę bezpiecznikową na 10 kV, 5 A



Rys. 27. Wzorcowanie obwodu dla prądu wyłączeniowego 16,5 km przy 8,6 kV

czególnych wkładek. Przepięcia podczas wyłączania były bardzo nieznaczne i nie przekraczały 1,5-krotnej wartości napięcia międzyprzewodowego.

Na podstawie badań można przyjąć orientacyjnie następujące moce wyłączalne wkładek bezpiecznikowych:

10 kV, 5 A	170 MVA	przy	6 kV,
10 kV, 32 A	70 MVA	"	6 "
10 kV, 100 A	35 MVA	"	6 "
20 kV, 5 A	100 MVA	"	15 "
20 kV, 32 A	100 MVA	"	15 "

Przeprowadzając interpolację wyników dla pośrednich wartości prądów znamionowych wkładek można przyjąć następujące wartości:

10 kV, 5 A	170 MVA	przy	6 kV,
10 kV, 10 A	120	"	" "
10 kV, 16 A	100	"	" "
10 kV, 25 A	75	"	" "
10 kV, 32 A	70	"	" "
10 kV, 40 A	60	"	" "
10 kV, 64 A	45	"	" "
10 kV, 100 A	35	"	" "
20 kV, 5 A	100	"	15 "
20 kV, 10 A	"	"	" "
20 kV, 16 A	"	"	" "
20 kV, 25 A	"	"	" "
20 kV, 32 A	"	"	" "

Moce wyłączalne wkładek badanych są zbyt małe w porównaniu z wymaganiami, stawianymi przez warunki zwarciowe w istniejących układach energoelektrycznych. Oprócz tego konstrukcja wkładek jest przestarzała, zasadniczymi jej wadami jest otwarta budowa rur, umożliwiającą zawilgocenie wypełniacza, co może prowadzić do wybuchania podczas wy-

^{*)} Por. Przegląd Elektr., 1954, zes. 8, s. 318.

Tablica VI

Nr rys.	Nr oscylogramu	Typ wkładki	Prąd wyłączeniowy (kA)	Prąd ograniczony bezpiecznika (kA)	Napięcie powrotne (kV)	Moc wyłączeniowa symetr. 3-faz. przy $U_n = 6$ lub 15 kV (MVA)	Uwagi
24	2649	—	7,2	—	—	—	Wzorcowanie obwodu
	2650	10 kV 5 A	7,2	1,7	8,3	75	Wyłączenie prawidłowe, zacięcie wskaźnika, rura wkładki chłodna
	2651	10 kV 32 A	7,2	3,65	8,46	75	Wyłączenie prawidłowe, rura gorąca
	2652	10 kV 100 A	7,2	—	—	—	Wybuch wkładki
	2656	—	9,8	—	—	—	Wzorcowanie obwodu
	2653	10 kV 5 A	9,8	2,85	8,45	101	Wyłączenie prawidłowe, wyrzut kilku iskier w dół, rura gorąca
	2654	10 kV 32 A	9,8	6,0	8,45	101	Wyłączenie, rura rozgrzana do czerwoności, pęknięcia przy ostygnięciu
	2655	10 kV 32 A	9,8	5,2	8,43	101	Wyłączenie z pęknięciem rury
	2656	10 kV 32 A	9,8	—	—	—	Bezpiecznik wypełniony drobnym piaskiem kwarcowym nie wyłączył; wybuch
	2662	—	16,5	—	—	—	Wzorcowanie obwodu
	2658	10 kV 5 A	16,5	2,3	8,6	171	Wyłączenie prawidłowe, rura ciepła
	2659	10 kV 5 A	16,5	5,6	8,4	171	Wyłączenie prawidłowe, wyrzut iskier w dół, pęknięcia rury
27	2660	10 kV 5 A	16,5	4,95	8,6	171	Wyłączenie prawidłowe, pęknięcia rury
	2661	10 kV 5 A	16,5	4,4	8,4	171	Wyłączenia prawidłowe
	2665	—	6,9	—	—	—	Wzorcowanie obwodu
	2666	10 kV 32 A	6,9	4,53	8,52	71,5	Wyłączenie prawidłowe, rozgrzanie rury do czerwoności
28	2667	10 kV 32 A	6,9	4,7	8,47	71,5	Wyłączenie prawidłowe, lekki wyrzut iskier, pęknięcia rury
	2668	10 kV 32 A	8,0	4,6	9,5	83,0	Wyłączenie z pęknięciem poprzecznym całej rury, zacięcie się wskaźnika
	2669	10 kV 100 A	ok. 4,7	—	—	—	Wybuch
	2671	—	ok. 3,4	—	—	—	Wzorcowanie obwodu
29	2670	10 kV 100 A	ok. 3,4	5,2	8,47	—	Wyłączenie z pęknięciem poprzecznym całej rury, zacięcie się wskaźnika
	2671	10 kV 100 A	ok. 3,4	—	—	—	Wybuch
30	2590	—	6,7	—	—	—	Wzorcowanie obwodu
	2589	20 kV 32 A	6,7	6,89	16,7	174,5	Wyłączenie prawidłowe, rozgrzanie rury do czerwoności, pęknięcie rury
	2590	20 kV 5 A	6,7	—	—	—	Wybuch
	2591	20 kV 5 A	6,7	4,9	16,9	174,5	Wyłączenie z pęknięciem rury
31	2592	20 kV 32 A	6,7	—	—	—	Wybuch
	2593	20 kV 5 A	6,7	5,3	17,0	174,5	Wyłączenie z rozgrzaniem rury do czerwoności i pęknięciem rury
	2594	20 kV 5 A	6,7	—	—	—	Wybuch
	2595	20 kV 5 A	ok. 3,6	—	—	—	Wybuch
32	2749	20 kV 5 A	ok. 7,5	—	—	—	Wybuch
	2750	20 kV 5 A	7,5	—	—	—	Wybuch
	2752	—	4,47	—	—	—	Wzorcowanie obwodu
	2751	20 kV 5 A	4,47	4,4	16,8	116,5	Wyłączenie z pęknięciem rury
32	2752	20 kV 32 A	4,47	—	—	—	Wybuch
	2753	20 kV 32 A	4,47	4,4	—	116,5	Wyłączenie z pęknięciem rury
	2754	20 kV 32 A	4,47	—	—	—	Wybuch
	2755	20 kV 32 A	4,47	5,4	16,4	116,5	Wyłączenie prawidłowe z rozgrzaniem rury do czerwoności
32	2756	20 kV 32 A	4,47	5,1	16,7	116,5	Wyłączenie z pęknięciem rury

łączenia i uniemożliwia zastosowanie bezpiecznika w urządzeniach napowietrznych, oraz zbyt małą długość drutów topikowych, wynoszącą 320 mm dla wkładek 10-kilowoltowych i 380 mm dla wkładek 20-kilowoltowych. Na podstawie badań radzieckich ustalono, że długość drutów topikowych powinna wynosić co najmniej 580 mm dla wkładek 6-kilowoltowych i 1200 mm dla wkładek 15-kilowoltowych, co może być zrealizowane tylko przez zastosowanie drutów spiralnych, jak to spotyka się we wszystkich konstrukcjach zagranicznych.

Zdając sobie sprawę z konieczności zastąpienia starych rozwiązań konstrukcyjnych wkładek bezpiecznikowych konstrukcjami nowoczesnymi, Instytut Elektrotechniki rozpoczął w roku 1954 prace nad nowymi typami wkładek bezpiecznikowych. Opracowano i wykonano prototypy wkładek bezpiecznikowych przekładnikowych na napięcia 6, 15 i 30 kV. Konstrukcja wkładek jest całkowicie hermetyczna, co pozwala na zastosowanie bezpieczników zarówno w instalacjach wewnętrznych, jak i napowietrznych. Wkładka bezpiecznikowa składa się z rury porcelanowej z okuciem, w której znajduje się nawinięty spiralnie drut oporowy o średnicy 0,08 mm, długości 0,7 m dla 6 kV, 1,7 m dla 15 kV i 3,4 m dla 30 kV. Wnętrze rury wypełnione jest szczelnie piaskiem kwarcowym drobnoziarnistym.

Przeprowadzone badania zwarciove wykazały, że przebieg wyłączenia jest bezłukowy, to znaczy, że pod wpływem prądu zwarciovego następuje wybuchowe rozpylenie drutu topikowego i natychmiastowe przerwanie prądu. Badania przeprowadzono na wkładkach 30-kilowoltowych przy mocy zwarciowej rzędu 350 MVA z wynikiem dodatnim (rys. 33 przedstawia oscylogram wyłączenia). Ze względu na znaczną oporność wkładki (300 Ω przy 30 kV, 150 Ω przy 15 kV i 60 Ω przy 6 kV) prąd ograniczony bezpiecznika jest bardzo mały i jest prawie niedostrzegalny na oscylogramach.

Ograniczony zakres możliwości stacji nie pozwolił na przeprowadzenie prób przy większych mocach zwarciowych, z uwagi jednak na przeważający wpływ oporności wkładki i bezłukowe wyłączenie można sądzić, że zdolność wyłączenia wkładki jest znacznie większa (praktycznie nieograniczona z uwagi na własność obniżania prądu wyłączanego do ~ 100 przez oporność elementu topikowego).

W końcu 1954 r. Zakłady Wytwórcze Wyłączników Wytwórczego Napięcia opracowały dokumentację produkcyjną tych wkładek i można sądzić, że w roku bieżącym rozpocznie się już ich produkcja. Jednocześnie prowadzone są prace nad zwiększeniem mocy wyłączalnej bezpieczników na większe prądy znamionowe.

MGR INŻ. PIOTR KIŻEWSKI

Zasięg rozdzielu energii na napięciu 6 kV w zakładach przemysłowych i w miastach*)

621.316.15:621.3.27.5:711.4/5+621.7

Treść. Kryteria określające zasięg napięcia 6 kV w sieciach rozdzielczych zakładów przemysłowych i miast. Porównuje się zasilanie na napięciu 6 kV wprost z szyn generatorowych lub z transformatora na 110/6 kV z wariantem zasilania na napięciu 30 kV przy zastosowaniu pośredniej transformacji. Z porównań wyprowadza się graniczne odległości zasilania na napięciu 6 kV.

Предел распределения электрической энергии при напряжении 6 кВ в промышленных заведениях и в городах. Критерий, определяющий этот предел. Сравнение питания при 6 кВ непосредственно с генераторных шин (либо от трансформатора 110/6 кВ) с питанием при 30 кВ путем применения промежуточной трансформации. Сравнительный расчет предельного расстояния в случае питания при напряжении 6 кВ.

Range of Power Distribution at 6 kV in Industrial Plants and in Towns. Factors determining the range of 6 kV tension in distribution networks in industrial plants and in towns. Comparison of feeding 6 kV circuits directly from generator bus-bars or from a 110/6 kV transformer with a system of feeding from 30 kV mains with intermediate transformation. From the comparison the limit distances of feeding at 6 kV are deduced.

1. Wstęp.

Jednym z czynników zmniejszających straty energii elektrycznej, a tym samym i zużycie węgla, jest unikanie zbędnej pośredniej transformacji przy przesyłaniu energii. O skali możliwych strat świadczy np. przypadek zakładu przemysłowego, w którym zwiększono roczne straty energii o ~ 15 mln. kWh, przyjmując zasilanie z pośrednią transformacją zamiast bezpośredniego na napięciu generatorowym.

W naszych warunkach pogląd na zasilanie odbiorców na napięciu generatorowym lub ze stacji, obniżających napięcie ze 110 kV wprost na napięcie 6 lub 10 kV, nie jest ustalony. W każdym przypadku przy wyborze napięcia zasilania przyjmuje się inne kryteria, stosując je dowolnie. W rezultacie przeprowadzone porównania służą nie tyle do słusznego wyboru, ile do obrony z góry przyjętego napięcia.

W niniejszym artykule omawia się dwa przypadki: 1) zasilanie odbiorców na napięciu generatorowym, 2) zasilanie odbiorców ze stacji obniżających napięcie ze 110 kV na użytkowe. W obu przypadkach (rys. 1 i 2) z reguły wchodzi w rachubę napięcie 6 kV i jako pośrednie napięcie 30 kV. Inne napięcia spotyka się rzadko i dlatego nie będą tu omawiane. W praktyce zdarzają się przypadki stosowania napięcia 110 kV jako pośredniego pomiędzy napięciem generatorowym a napięciem użytkowym odbiorów (chodzi tu o przypadki odbiorów położonych w odległości kilku lub kilkunastu kilometrów od elektrowni). Prawdopodobieństwo fałszywego wyboru wariantu w tym przypadku jest jednak małe, gdyż z uwagi na duży koszt urządzeń 110-kilowoltowych porównanie jest przeprowadzone starannie i wnikliwie. Dlatego przypadek ten nie jest w niniejszym artykule brany pod uwagę.

Przy wyborze napięcia należy uwzględnić:

- 1) koszty inwestycyjne,
- 2) koszty eksploatacyjne i straty energii,
- 3) zużycie metali kolorowych,
- 4) inne względy, jak np. możliwość opanowania mocy zwarciowych na 6 kV, możliwość wprowadzenia potrzebnej liczby kabli lub mostu szynowego, pewność ruchu itd.

Tablica I

Rodzaj transformatorów	Równoważnik ekonomiczny k (kW/kVAr)	
	przy szczycie obciążenia	przy małym obciążeniu
Transformatory przyłączone bezpośrednio do szyn o napięciu generatorowym (np. transformatory blokowe)	0,02	0,02
Transformatory sieciowe zasilane napięciem generatorowym	0,07	0,04
Transformatory obniżające o napięciu górnym 30 ÷ 110 kV	0,1	0,06
Transformatory obniżające o napięciu górnym 15 kV	0,15	0,10
Transformatory obniżające zasilane z sieci rejonowych, których obciążenie mocą bierną pokrywane jest kompensatorami synchronicznymi	0,05	0,03

Przypadki, w których wszystkie kryteria przemawiają na korzyść jednego wariantu, należą do wyjątków. Najczęściej

*) Artykuł dyskusyjny.

zdarza się, że część kryteriów przemawia za jednym, a część za drugim wariantem. Sprowadzenie wszystkich kryteriów do wspólnego mianownika nie jest możliwe. Należy ustalić, które z kryteriów jest decydujące. Wydaje się rzeczą bezpieczną przyjęcie kosztów eksploatacyjnych jako decydujących o wyborze wariantu i traktowanie pozostałych kryteriów jako pomocniczych, wchodzących w rachubę przy nieznacznej różnicy kosztów eksploatacyjnych porównywanych wariantów.

Przy porównywaniu kosztów inwestycyjnych należy brać pod uwagę celowość ograniczania urządzeń importowanych.

Porównywanie kosztów inwestycyjnych nie będzie tu omawiane, gdyż jest powszechnie znane i stosowane oraz znajduje swój wyraz w kosztach eksploatacyjnych. W każdym konkretnym przypadku należy jednak porównanie takie przeprowadzić.

Na koszty eksploatacyjne składają się:

- 1) straty energii,
- 2) obsługa i remonty,
- 3) amortyzacja.

W obliczeniu strat należy poza stratami energii czynnej uwzględniać straty energii biernej w transformatorach, przeliczając je na energię czynną przy zastosowaniu równoważnika ekonomicznego mocy biernej. W tabl. I podane są wartości tego równoważnika dla różnych przypadków, zgodnie z Instrukcją Eksploatacji Transformatorów Mocy E-002/1949 r.

Sumaryczne straty mocy w transformatorze wynoszą:

$$\Delta p = \Delta p_z + k \cdot \Delta q_z + (\Delta p_m + k \cdot \Delta q_m) \left(\frac{P}{P_z} \right)^2,$$

gdzie p_z — straty mocy czynnej w żelazie (kW),

Δp_m — straty mocy czynnej w miedzi przy znamionowym obciążeniu transformatora (kW),

Δq_z — straty mocy biernej przy biegu jałowym (kVAr),

Δq_m — straty mocy biernej w oporności indukcyjnej (kVAr),

k — równoważnik ekonomiczny (kW/kVAr),

P — obciążenie rzeczywiste transformatora (kVA),

P_z — moc znamionowa transformatora (kVA).

Na obsługę i remonty transformatorów można orientacyjnie przyjmować 0,5 ÷ 1,0%, na odpisy amortyzacyjne 3 ÷ 5%. Analogiczne cyfry dla kabli wynoszą: obsługa i remonty 1 ÷ 2%, odpisy amortyzacyjne 3 ÷ 4%. Koszt straconej energii przyjęto w wysokości 15 gr/kWh.

Na podstawie powyższych założeń wyprowadzono graniczne odległości zasilania na napięciu 6 kV, wynikające z różnych kryteriów.

2. Zasilanie z szyn generatorowych.

Graniczna odległość wynikająca z równości strat przy przesyłaniu na 6 kilowoltach (rys. 1a) i przy przesyłaniu na 30 kilowoltach (rys. 1b)

1) Straty przy przesyłaniu na 30 kV wynoszą:

$$(1) \quad \Delta p_{130} = 3 I_{30}^2 \cdot R \cdot T \cdot 10^{-3},$$

gdzie I — największe natężenie prądu w kablu (w amperach),

$$R = \frac{l}{\gamma \cdot S} = \frac{l}{\gamma \cdot \frac{I}{J}} \text{ — opór kabla (w omach),}$$

l — długość kabla (w kilometrach),

γ — przewodność właściwa kabla w (w S·m/mm²),

S — przekrój kabla (w mm²),

$J = \frac{I}{S}$ — największa gęstość prądu (w A/mm²),

T — czas trwania największych strat (w godzinach);

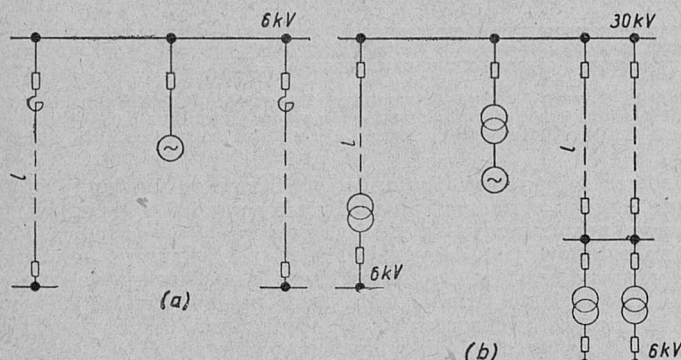
b) straty w transformatorach na 30/6 kV (transformacje z 6 na 30 kV i z 30 kV na 6 kV):

$$(2) \Delta p_{tr30} = 2 P_z \left[(\Delta p_z + \Delta q_z \cdot k) \cdot 8760 + (\Delta p_m + \Delta q_m \cdot k) T \left(\frac{P}{P_z} \right)^2 \right];$$

razem straty przesyłu na 30 kV wynoszą $\Delta p_{l30} + \Delta p_{tr30}$.

Straty przy przesyłaniu na 6 kV wynoszą:

$$(3) \Delta p_6 = 3 \cdot I_6^2 \cdot R \cdot T \cdot 10^{-3}.$$



Rys. 1. Sposoby zasilania:

- a) na napięciu generatorowym,
b) z zastosowaniem pośredniej transformacji

Dla określenia granicznej odległości przesyłu na 6 kV, wynikającej z równości strat energii, należy przyrównać sumaryczne straty, występujące w obu wariantach, a mianowicie:

$$\Delta p_{l30} + \Delta p_{tr30} = \Delta p_6.$$

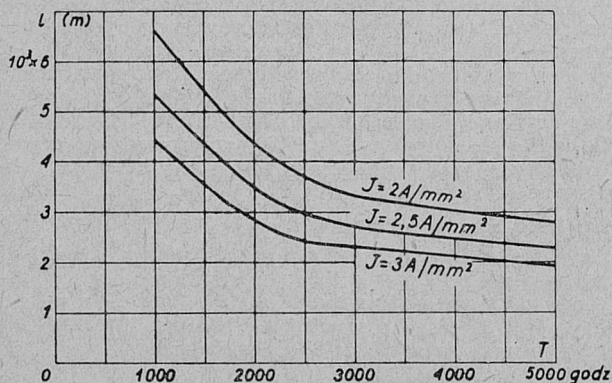
Po podstawieniu do tego równania wyrażeń (1), 2 oraz (3) i przyjmując, że

$$P = P_z \quad (\text{kVA})$$

oraz że straty wynoszą: mocy czynnej w żelazie 0,25%, mocy biernej w żelazie 2%, mocy czynnej w miedzi 0,7%, mocy biernej w miedzi 8%, a równoważnik ekonomiczny $k = 0,05$, otrzymamy wyrażenie na odległość graniczną, wynikającą z równości strat energii:

$$(4) l = \frac{\sqrt{3} \cdot \gamma \cdot 10^3}{T \cdot J \cdot 20} \cdot (3066 + 1,1 T) \quad (\text{w metrach}).$$

Wzór (3) dotyczy określonego przypadku. Przyjmując dla obciążeń w granicach od 5 do 100 MVA różną liczbę transformatorów i różne dane techniczne (moce, straty, napięcia zwarci), łatwo można się przekonać, że przy czasie użytkowania największych strat większym od ~ 4000 godz. graniczny za-



Rys. 2. Zależność odległości granicznej, wynikającej z równości strat energii, od czasu trwania największych strat przy różnych gęstościach prądu

się zasilania napięciem 6 kV waha się od 2000 do 3500 m. Oczywiście, przy mniejszym czasie użytkowania największych strat zasięg powiększa się.

Zależność granicznej odległości zasilania na napięciu 6 kV od czasu trwania największych strat przy różnych gęstościach prądu w kablach przedstawiona jest na rys. 2. Jeżeli uwzględnić straty w dławikach 6 kV, to odległość zmniejszy się, ale bardzo nieznacznie.

Jak widać z rys. 2, wpływ gęstości prądu w sieci na odległość graniczną jest bardzo znaczny, a szczególnie przy małych czasach użytkowania największych strat.

Graniczna odległość wynikająca z równości kosztów eksploatacyjnych

Roczne koszty eksploatacyjne wynoszą

$$K = K_i \cdot a + A \cdot b \quad (\text{zł/rok}),$$

gdzie K_i — koszt inwestycyjny (zł),

a — amortyzacja i utrzymanie (dla kabli 5%, dla transformatorów 5%),

A — suma rocznych strat energii (kWh),

b — koszt energii (zł/kWh).

Dla wyprowadzenia średniej odległości granicznej obliczono pięć przykładów, a mianowicie dla $P = 5, 16, 40, 75$ i 125 MVA przy zastosowaniu transformatorów o mocy 6, 3, 16 i 31,5 MVA.

Koszt kabli przyjęto:

dla 6 kV — 48 zł/m,

dla 30 kV — 111 zł/m.

Koszt transformatorów przyjęto według aktualnych cen. Koszt dławików przyjęto w wysokości 10% kosztów transformatorów. Czas trwania największych strat przyjęto 4000 godzin. Sieć 6-kilowoltowa jest dławikowana.

Wyniki obliczeń podaje tabl. II. Widać z niej, że graniczna odległość rozdziálu energii na napięciu 6 kV w zakresie od

Tablica II

Obciążenie MVA	Przyjęta liczba transformatorów	Moc transformatora (MVA)	Liczba kabli		Graniczna odległość l (m)
			6 kV	30 kV	
5	2	6,3	2	2	4300
16	2	16	6	2	3600
40	4	31,5	16	4	3300
75	6	31,5	27	7	2770
125	8	31,5	45	12	2760

16 do 125 MVA wynosi około 3 km i nieznacznie zależy od mocy przesyłanej. Wynika to stąd, że we wszystkich przypadkach z wyjątkiem dwu pierwszych przyjęto jednakowe transformatory. Jeżeliby przyjąć przy większych mocach transformatory większe, to graniczna odległość dla 6 kV obniżyłaby się. Na odwrót, jeżeli w omawianych przypadkach przy obciążeniach np. do 75 MVA przyjąć transformatory po 16 MVA zamiast po 31,5 MVA, to graniczna odległość dla 6 kV zwiększyłaby się.

Graniczna odległość wynikająca z równości zużycia metali kolorowych

Porównanie wykonano dla następujących przypadków obciążeń: 5, 16, 40, 75 i 125 MVA. Wyniki podaje tabl. III. Graniczna odległość wynosi około 1000 m. Rozrzut powstaje z doboru

Tablica III

Obciążenie (MVA)	Graniczna odległość l (m)	Uwagi
5	1100	Bez dławików
16	750	Z dławikami
40	1000	"
75	840	"
125	1000	"

transformatorów, kabli i dławików według normalnych wielkości.

Wyniki powyższe dotyczą sieci kablowej. W przypadku sieci napowietrznej lub mostów szynowych zużycie metali kolorowych zmniejszy się wydatnie. Szczególnie dużą oszczędność metali kolorowych uzyskuje się przy napięciach powyżej 10 kV stosując przewody gołe zamiast kabli.

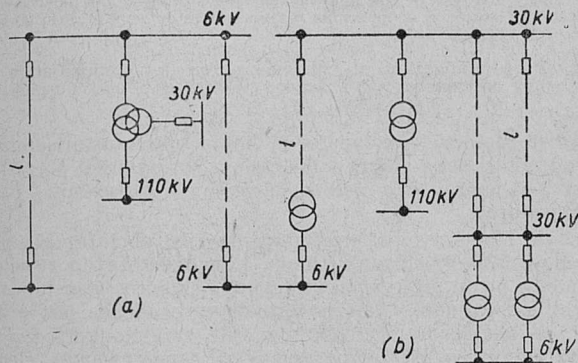
Do obliczeń orientacyjnych można przyjmować stosunek zużycia metali kolorowych w sieci kablowej 6- i 30-kilowoltowej jak 3:1. Tabl. IV podaje kilka interesujących liczb dotyczących zużycia metali kolorowych. Dane z powyższej tablicy oznaczają ciężary umowne sprowadzone do ciężaru miedzi z zastosowaniem współczynników: dla miedzi 1, dla aluminium 2, dla ołowiu 0,4.

Tablica IV

Obciążenie (MVA)	Ciężar metali kolorowych (kg/mb)				Stosunek			
	6 kV		30 kV		2 : 4	2 : 3	3 : 5	4 : 5
	kable	przewody gołe	kable	przewody gołe				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	16,5	10,2	5,48	1,26	3	1,6	8,1	4,3
15	29	12,0	8	2,2	3,6	2,4	5,5	3,6
20	33	20,4	11,0	3,34	3	1,6	6,1	3,3
25	45,5	27,8	16,44	4,32	2,8	1,6	6,4	3,8

3. Zasilanie z transformatorów sieciowych (rys. 3).

Porównanie wykonano dla obciążeń: 5, 10, 20 MVA. szczyt obciążeń można nie brać pod uwagę, gdyż wówczas najwłaściwszym rozwiązaniem jest tzw. głęboki wwód, zasilający dany odbiór z odrębnej stacji na 110/6 kV.



Rys. 3. Sposoby zasilania:

- a) z transformatora trójzwojeniowego,
b) z transformatora dwuzwojeniowego z pośrednią transformacją

Przyjęto następujące transformatory:

dla 5 MVA—2×10 MVA na 110/30 kV i 2×3,15 MVA na 30/6 kV

„ 10 „ —2×16 „ „ „ „ i 4×3,15 „ „ „

„ 20 „ —2×31,5 „ „ „ „ i 4×6,3 „ „ „

Graniczna odległość zasilania napięciem 6 kV, wynikająca z równości strat energii

Czas trwania największych strat energii przyjęto 4000 godzin. Jest to czas bardzo duży i wpływa na skrócenie odległości zasilania na napięciu 6 kV.

Wyniki porównania podaje tabl. V. Należy je traktować jedynie jako orientacyjne i zmienne w dużym zakresie w zależności od czasu trwania największych strat, rodzaju rezerwy transformatorowej — jawna czy ukryta, gęstości prądu w kablach i konfiguracji sieci 6-kilowoltowej.

Tablica V

Obciążenie (MVA)	Odległość (m)
5	4100
10	3150
20	2700

Graniczna odległość zasilania na napięciu 6 kV przy zastosowaniu transformatorów trójzwojeniowych zależy przede wszystkim od stosunku obciążenia uzwojeń 6-kilowoltowych transformatora do mocy znamionowej transformatora. Jeżeli stosunek ten spada poniżej 0,20, to odległość zasilania na napięciu 6 kV jest mała. Innymi słowy stosowanie transformatorów trójzwojeniowych przy małych obciążeniach na trze-

cim uzwojeniu opłaca się tylko w przypadku odbiorów położonych w niewielkiej odległości od transformatorów.

W tabl. VI podane są graniczne odległości wynikające z porównania kosztów eksploatacyjnych.

Przy powiększeniu obciążenia powyżej 20 MVA odległość maleje tak znacznie, że praktycznie zasilanie z transformatorów trójzwojeniowych odpada. Natomiast wchodzi wówczas w rachubę głęboki wwód z zastosowaniem transformatorów dwuzwojeniowych o przekładni 110/6 kV. Przyjmując jako najmniejszą jednostkę transformator o mocy 16 MVA oraz zakładając, że zainstalowane są dwa transformatory i że obciążenie wynosi 70% mocy zainstalowanej w transformatorach, otrzymamy obciążenie około 23 MVA, przy którym opłaca się zastosować głęboki wwód przy napięciu 110 kV. Poniżej tego obciążenia celowość głębokiego wvodu jest wątpliwa ze względu na słabe wyzyskanie transformatorów i aparatury 110-kilowoltowej.

Porównanie zużycia metali kolorowych w wypadach z reguły na niekorzyść przesyłu na napięciu

Tablica VI

Obciążenie (MVA)	Odległość (m)
5	2750 (1600)*
10	2140
20	1700

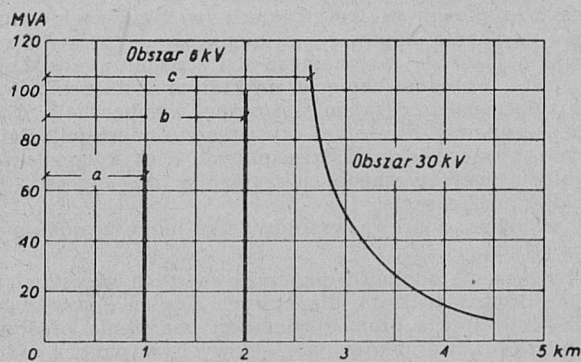
*) W nawiasie podano wynik w przypadku transformatorów o mocy 16 MVA.

6 kV. W obliczeniach orientacyjnych można przyjmować, że różnica w zużyciu metali kolorowych jest spowodowana wyłącznie siecią (tzn. kablami i przewodami napowietrznymi).

4. Wnioski.

1. Z porównania wyników dla przypadków według rys. 1 widać, że kryterium równości kosztów eksploatacyjnych daje największe odległości przesyłu na napięciu 6 kV. Średnio można przyjmować od 2,5 do 4 km (rys. 4). Najmniejsze odległości wynikają z równości zużycia metali kolorowych i wynoszą średnio około 1 km.

Ogólnie można stwierdzić, że przy odległościach przesyłu do 1 km żadne porównania wariantów dla wyboru między napięciem 6 i 30 kV nie są potrzebne, gdyż wszystkie kryteria



Rys. 4. Graniczna odległość rozdziału na napięciu generatorowym 6 kV

- a) z punktu widzenia zużycia metali kolorowych,
b) z punktu widzenia strat energii,
c) z punktu widzenia kosztów eksploatacyjnych

przemawiają za napięciem 6 kV. Powyżej tej odległości należy dla każdego przypadku przeprowadzić indywidualne porównanie.

W sprawie pewności ruchu trzeba stwierdzić, że jest ona większa w przypadku rozdziału na napięciu 6 kV, gdyż liczba wyłączników po drodze od generatora do odbiornika jest mniejsza niż w przypadku pośredniej transformacji. Poza tym odpadają transformatory.

2. Przy zasilaniu z transformatorów sieciowych możliwe są trzy przypadki:

- a) podwójna transformacja i rozdział na napięciu 30 kV; opłaca się przy obciążeniach na napięciu 6 kV, nie przekra-

czających około 20% mocy zainstalowanej w transformatorach;

b) pojedyncza transformacja przy użyciu transformatorów trójfazowych i rozdziale na napięciu 6 kV: w naszych warunkach sposób ten opłaca się w przypadku obciążeń do ~ 20 MVA;

c) głęboki wwód z zastosowaniem transformatorów na 110/6 kV przy obciążeniach od 20 MVA wzwyż; jeżeli przyjąć zastosowanie uproszczonych schematów po stronie 110 kV, to głęboki wwód na napięciu 110 kV może się opłacać nawet przy obciążeniach mniejszych niż 20 MVA.

MGR INŻ. T. KLARNER

Kondensatory statyczne jako środek poprawy współczynnika mocy

621.319.4:621.3.018.14.004.67

Treść. Korzyści uzyskiwane w wyniku zainstalowania kondensatorów do kompensacji mocy biernej. Warunki i celowość stosowania kondensatorów na niskim i wysokim napięciu w zależności od celu i zadań kompensacji.

Конденсаторы, как средство улучшения коэффициента мощности. Выгода, получаемая при применении конденсаторов для компенсации реактивной мощности. Условия и целесообразность применения конденсаторов на низком и высоком напряжении в зависимости от цели и задач компенсации.

Application of Condensers for Power Factor Correction. Advantages of application of condensers for the compensation of reactive power. Conditions and range of application of low and high tension condensers with regard to the aim and purpose of compensation.

1. Korzyści gospodarcze poprawy współczynnika mocy.

Poprawa współczynnika mocy w zakładach przemysłowych stanowi jedno z podstawowych zadań przemysłu w zakresie racjonalnego i oszczędnego użytkowania energii elektrycznej. Wśród sposobów sztucznej kompensacji obciążenia biernego, które po wyczerpaniu naturalnych środków znajdują zastosowanie w zakładach przemysłowych, na pierwszy plan — ze względu na znikomo małe straty energii czynnej — wysuwają się kondensatory statyczne. Jeśli w ostatnich latach znalazły one w naszym przemyśle stosunkowo niewielkie rozpowszechnienie, to przyczyn takiego stanu należy szukać przede wszystkim w trudnościach ich uzyskania, gdyż do niedawna jeszcze stanowiły one przedmiot importu z zagranicy. Od czasu rozpoczęcia produkcji krajowej w 1953 r. sytuacja uległa zasadniczej zmianie, a szerokiemu zastosowaniu kondensatorów — w uzasadnionych przypadkach — nie stoi obecnie nic na przeszkodzie.

Przy projektowaniu zastosowania kondensatorów statycznych do poprawy współczynnika mocy należy — poza ustaleniem prawidłowej wielkości baterii (w kilowarach) potrzebnej do uzyskania odpowiedniej poprawy — przeanalizować warunki najbardziej racjonalnego ich zainstalowania. Związane to jest z wyborem napięcia, na którym kondensatory mają być przyłączone, i rodzajem stosowanej kompensacji: indywidualnej, grupowej, centralnej czy wreszcie mieszanej. Decyzja w tym zakresie zależy od szczególnych cech kompensowanego układu energetycznego, jak również od korzyści, które może dać kompensacja.

Jak wiadomo, poprawa współczynnika mocy powoduje przede wszystkim:

a) zwiększenie zdolności przepustowej tych wszystkich urządzeń na drodze zasilania, dla których stopień dopuszczalnego nagrzewania stawia granice wielkości obciążenia prądowego;

b) poprawę warunków napięciowych w punkcie odbioru energii;

c) zmniejszenie strat mocy i energii w sieciach energetycznych.

Rozpatrzmy kolejno sposoby instalowania kondensatorów dla uzyskania najlepszych technicznie i ekonomicznie wyników kompensacji.

2. Powiększenie zdolności przepustowej kabli i transformatorów.

Ponieważ kondensator stanowi dla odbiornika indukcyjnego źródło energii i mocy biernej, przeto ustawienie go jak najbliżej odbiornika odciąży od przepływu mocy biernej wszystkie elementy na drodze zasilania tegoż odbiornika w energię czynną, a więc linię wys. nap., transformatory obniżające napięcie oraz sieci nisk. nap. Jeśli zatem zamierzamy przez poprawę współczynnika mocy osiągnąć możliwość większego obciążenia mocą czynną kabla zasilającego wys. nap. i transformatora, to należy instalować kondensatory po stronie nisk. nap. Zainstalowanie ich po stronie wys. nap. pozwoli zwiększyć obciążenie jedynie kabla wys. nap.

3. Przesył na napięciu 6 kV w przypadkach omówionych w artykule powinien zawsze być brany pod uwagę, gdyż daje do pewnych odległości korzyści gospodarcze oraz większą pewność ruchu niż przesył z transformacją pośrednią.

Opanowanie mocy zwarciovych na napięciu 6 kV zostało rozwiązane dzięki produkcji odpowiednich wyłączników i dławików. Trzeba nadmienić, że w myśl projektu przepisów eksploatacji elektrowni i sieci wyłączniki i odłączniki szynowe mogą być przewidziane na moce zwarciovowe, występujące za dławikiem. Przepis ten stwarza korzystne warunki dla rozdziału energii na napięciu generatorowym.

Wzrost zdolności przepustowej kabla lub transformatora zależy od wielkości współczynnika mocy, osiągniętej po zastosowaniu kompensacji, a zatem od mocy zastosowanej baterii kondensatorów.

Na rys. 1 podany jest względny przyrost obciążalności mocą czynną w funkcji stosunku mocy kondensatora do znamionowej mocy pozornej rozpatrywanego elementu (transformatora lub kabla wys. nap.). Zależność ta wyprowadzona jest w założeniu, że obciążenie wzrasta przy nie zmienionym $\cos \varphi$ i że dopuszczalny wzrost temperatury w rozpatrywanym elemencie nie ulega zmianie. Podstawą do obliczeń jest zatem równanie

$$(1) \quad I_c^2 + I_b^2 = (1 + \Delta)^2 I_c^2 + [(1 + \Delta)I_b - I_k]^2,$$

gdzie I_c — składowa czynna prądu obciążeniowego,

I_b — składowa bierna prądu obciążeniowego,

I_k — prąd pojemnościowy kondensatora,

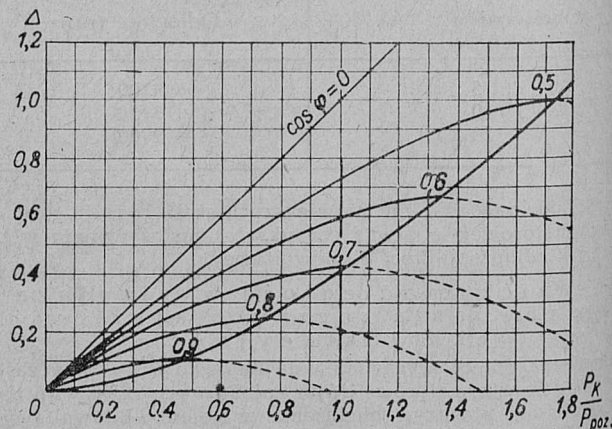
Δ — względny przyrost obciążenia.

Jeśli zastąpimy prądy odpowiadającymi im mocami (P_c zamiast I_c , P_b zamiast I_b , P_k zamiast I_k oraz wprowadzimy $P_{poz} = \sqrt{P_c^2 + P_b^2}$, to po odpowiednich przekształceniach otrzymamy zależność

$$(2) \quad \Delta = \sqrt{1 - \left(\frac{P_k}{P_{poz}}\right)^2 \cos^2 \varphi} - 1 + \frac{P_k}{P_{poz}} \sqrt{1 - \cos^2 \varphi},$$

przedstawioną wykreślić na rys. 1 dla wartości $\cos \varphi$ od 0,5 do 0,9.

Odcinki krzywych podane na rys. 1 linią przerywaną wskazują zakres przekompensowania i związane z nim malenie do-



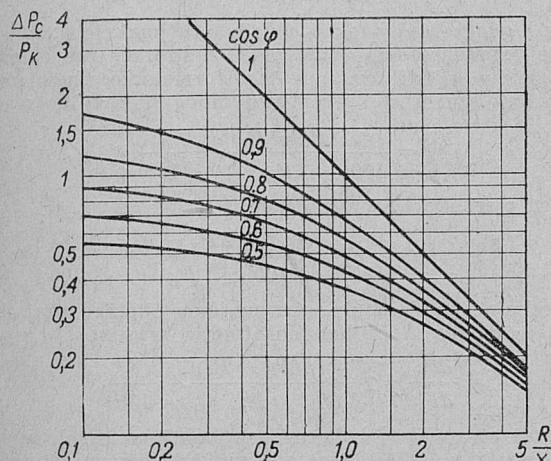
Rys. 1. Względny przyrost obciążalności mocą czynną transformatora lub kabla po zainstalowaniu kondensatora przy niezmienionym wzroście temperatury

puszczalnego przyrostu obciążenia mocą czynną. Przez wierzchołki krzywych, odpowiadające kompensacji do wartości $\cos \varphi = 1$, przeprowadzono linię, odpowiadającą największym przyrostom obciążenia czynnego. Jednak tak daleko posunięta kompensacja — pomijając jej kosztowność, jak o tym świadczy płaski przebieg odpowiednich krzywych, a więc duża moc bierna (w kilowarach) przy nieznacznym wzroście dodatkowego obciążenia mocą czynną (w kilowatach) — grozi poważnym niebezpieczeństwem, że w razie zmniejszenia obciążenia kabel wzgl. transformator może zostać przeciążony mocą bierną pojemnościową w warunkach, kiedy stosunek $\frac{P_k}{P_{poz}}$ jest

większy od 1. Z tych względów nie należy nigdy posuwać kompensacji powyżej tej granicy, jeśli moc przyłączanej baterii kondensatorowej nie może być regulowana w miarę zmiany obciążenia. Taka możność regulacji mocy przyłączonych kondensatorów jest znacznie łatwiejsza i mniej kosztowna przy zainstalowaniu ich po stronie nisk. napięcia — zwłaszcza bezpośrednio przy większych silnikach — niż po stronie wys. napięcia.

3. Poprawa warunków napięciowych.

Jeśli zadaniem kondensatorów jest poprawa warunków napięciowych, to przede wszystkim należy pamiętać, że włączenie na stałe kondensatorów w przypadkach zmiennego lub wahałowego obciążenia nie daje możności regulowania napię-



Rys. 2. Przyrost obciążenia czynnego ΔP_c na jednostkę mocy kondensatora P_k w linii napowietrznej po zainstalowaniu regulowanej baterii kondensatorów przy niezmiennym spadku napięcia

cia w sensie utrzymywania go stałe na właściwej wysokości w punkcie odbioru, lecz jedynie wpływa na stałe podniesienie jego poziomu. Jeśli zatem zastosowana kompensacja spowoduje podniesienie do właściwego poziomu napięcia przy maksymalnym obciążeniu, to z kolei przy mniejszych obciążeniach linii wystąpi nadmierny wzrost napięcia. Aby tego niepożądanego stanu uniknąć, musi być zapewniona możność regulowania mocy przyłączonej baterii kondensatorów. Jedynie wówczas w wyniku zmniejszenia różnicy spadków napięć przy pełnym obciążeniu i przy stanie jałowym linii napowietrznej uzyskuje się zwiększenie jej zdolności przesyłowej, ograniczonej tą właśnie różnicą.

Wzrost napięcia na skutek włączenia kondensatora jest proporcjonalny do jego mocy. Aby go obliczyć, należy pomnożyć oporność bierną sieci X w punkcie przyłączania kondensatora przez jego prąd. W rzeczywistości wchodzi w grę jedynie oporność bierna najbliższych transformatorów i linii, gdyż oporność pozostałych elementów sieci jest w porównaniu z nimi znikomo mała. W praktyce moc kondensatora dobiera się tak, aby ona kompensowała składową mocy biernej (indukcyjnej), starając się utrzymać ją na możliwie niskim poziomie. Dzięki temu zostaje wyeliminowana składowa indukcyjna spadku napięcia. Zmniejszenie przez kompensację składowej czynnej spadku napięcia pociągałoby za sobą zastosowanie tak dużych kondensatorów, że obciążenie stałoby się pojemnościowe i wystąpiłoby bardzo niepożądane zjawisko przekompensowania. Konieczne więc jest odpowiednie regulowanie mocy kondensatorów, przy czym występuje sprawa liczby stopni regulacji. Ze względu na koszty należy dążyć do ograniczenia tej liczby, z drugiej jednak strony ze względu na

zależność oświetlenia od wahań natężenia światła i na czułość oka ludzkiego należy unikać regulacji, która dawałaby większe wahania napięcia niż 1 do 2%.

Jeżeli przyjąć, że dodatkowe obciążenie wykazuje ten sam $\cos \varphi$, co pierwotne, wówczas warunek utrzymania niezmienną wielkości spadku napięcia przy wzroście obciążenia wyraża się następującym przybliżonym równaniem:

$$(3) \quad RI_c + XI_b = R(1 + \Delta)I_c + X(1 + \Delta)I_b - XI_k,$$

gdzie R — oporność czynna linii, X — oporność bierna linii, a pozostałe wielkości jak we wzorze (1). Zastąpiwszy w tym wzorze prądy odpowiednimi mocami (P_c zamiast I_c , P_b zamiast I_b oraz P_k zamiast I_k), otrzymamy przyrost obciążenia czynnego na jednostkę mocy kondensatora w postaci:

$$(4) \quad \frac{\Delta P_c}{P_k} = \frac{1}{\frac{R}{X} + \frac{P_b}{P_c}},$$

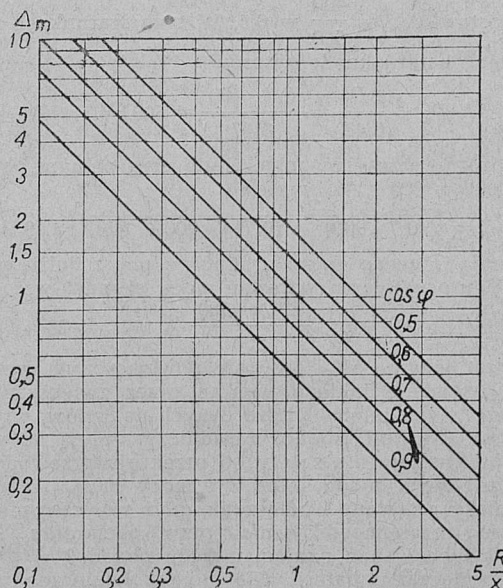
gdzie $\frac{P_b}{P_c} = \tan \varphi_1 = \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi_1}}{\cos \varphi_1}$, a φ_1 — przesunięcie fa-

zy pierwotne (przed kompensacją). Zależność ta jest przedstawiona na rys. 2 dla różnych wartości $\cos \varphi_1$ od 0,5 do 1,0 jako funkcja stosunku R/X . Stosunek tych oporności jest wielkością charakterystyczną dla linii energetycznych i wynosi dla napowietrznych linii o napięciach średnich i wysokich $\frac{1}{3}$ do $\frac{1}{6}$; większe wartości występują w sieciach kablowych.

Jak wynika z wykresu, wartość $\frac{\Delta P_c}{P_k}$ jest niezależna od wielkości zastosowanej kompensacji tzn. od wartości współczynnika mocy uzyskiwanego w wyniku kompensacji, a jest zależna jedynie od jego wartości pierwotnej (wyjściowej). Nie ma zatem gospodarczo najkorzystniejszej wielkości kondensatora; każdy kilowar mocy biernej kondensatora powoduje takie samo powiększenie obciążalności linii. Toteż kompensację dokonywaną w celu poprawy spadku napięcia opłaca się doprowadzać aż do wartości $\cos \varphi_2 = 1$ (φ_2 — przesunięcie fazowe po kompensacji).

Nie należy jednak nigdy dopuszczać do pracy linii w stanie przekompensowania, gdyż — jak wiadomo — pociąga to za sobą niebezpieczeństwo dla pracy generatorów w pełni obciążonych przy niedowzbudzeniu. Z tych więc względów zakres kompensacji i związany z tym dopuszczalny wzrost zdolności przesyłowej linii jest ograniczony do wartości, podanych na rys. 3, który przedstawia zależność największego przyrostu względnego obciążenia od stosunku R/X dla różnych wartości $\cos \varphi_1$. Wykres ten opiera się na następującym równaniu:

$$(5) \quad P_c(1 + \Delta_m) \tan \varphi_1 = P_c \Delta_m \frac{P_k}{\Delta P_c},$$



Rys. 3. Najwyższy dopuszczalny przyrost względny obciążenia linii napowietrznej, zapobiegający przekompensowaniu przy niezmiennym spadku napięcia

gdzie Δ_m — przyrost względny obciążenia czynnego. Lewa strona równania przedstawia składową bierną mocy przy wzroście obciążenia czynnego o wartość Δ_m (przy stałej wartości $\cos \varphi_1$), natomiast prawa strona podaje moc baterii kondensatorów potrzebną do pełnej kompensacji mocy biernej powiększonego obciążenia.

Wprawdzie dopuszczalne nagrzewanie się linii napowietrznej nie jest nieograniczone, niemniej jednak w praktyce granica ta jest tak duża, że można jej w obliczeniach nie uwzględniać, ograniczając się jedynie do sprawdzenia stopnia nagrzania po doborze wielkości kompensacji.

Powyższe obliczenia oparto na przybliżonym wzorze (3) na spadek napięcia, nie uwzględniając składowej poprzecznej (prostopadłej do wektora napięcia U_2 w punkcie odbioru). Przy kompensacji linii napowietrznych bardzo długich i o dużych wartościach $\cos \varphi_2$ (po skompensowaniu) należy spadek napięcia obliczać według ścisłego wzoru:

$$(6) \Delta U = \sqrt{[U_2 + I_c R + (I_b - I_k) X]^2 + [I_c X + (I_b - I_k) R]^2} - U$$

Jak wynika z powyższych rozważań, możliwości zwiększenia obciążenia linii napowietrznej w wyniku jej skompensowania — przy zachowaniu niezmiennego spadku napięcia — jest bardzo znaczna. Aby jednak nie dopuścić do niepożądanego przekompensowania, konieczne jest regulowanie mocy kondensatorów w miarę zmiany obciążenia.

4. Przykład liczbowy.

Dla ilustracji powyższych wywodów założmy jako przykład, że w zakładzie przemysłowym transformator obniżający napięcie o mocy 500 kVA i przekładni 6,6/0,4 V jest zasilany z linii napowietrznej o długości 15 km i przekroju 35 mm² Cu. Transformator jest w pełni obciążony, przy czym $\cos \varphi = 0,7$. Zachodzi potrzeba dalszego zwiększenia poboru mocy. Przyrost obciążenia ma charakter zmienny, przy czym wahania i spadek napięcia nie mogą przekroczyć dotychczasowych granic.

Dane charakterystyczne linii są następujące: oporność czynna $R = 0,5 \Omega/\text{km}$, oporność bierna $X = 0,45 \Omega/\text{km}$, stąd $R/X = 1,11$. Na podstawie wykresu z rys. 2 wyznaczamy jednostkowy przyrost obciążenia czynnego dla $R/X = 1,11$ oraz $\cos \varphi_1 = 0,7$:

$$(7) \frac{\Delta P_c}{P_k} = 0,47 \text{ kW/kVAr.}$$

Aby nie dopuścić do przekompensowania linii przy pełnym obciążeniu, wyznaczamy na podstawie wykresu z rys. 3 największy dopuszczalny wzrost obciążenia. Dla rozpatrywanych warunków ($R/X = 1,11$, $\cos \varphi_1 = 0,7$) wzrost ten wynosi $\Delta_m = 0,92$. Ponieważ regulacja kompensacji będzie się odbywać nie w sposób ciągły, lecz stopniowo, nie wykorzystamy maksymalnych możliwości, lecz ograniczymy się do zwiększenia obciążenia pozornego jedynie o 400 kVA, co odpowiada

przyrostowi $\Delta_m = \frac{400}{500} = 0,8$. W tych warunkach potrzebna jest moc baterii kondensatorów

$$P_k = \frac{\Delta P_c}{0,47} = \frac{0,7 \cdot 400}{0,47} = 600 \text{ kVAr,}$$

a moc pozorna przesyłana przez linię przy pełnym obciążeniu ($500 + 400$) = 900 kVA wyniesie

$$P_{\text{poz. lin}} = \sqrt{(0,7 \cdot 900)^2 + (0,714 \cdot 900 - 600)^2} = 631 \text{ kVA.}$$

Porównując obecne warunki pracy z poprzednimi widzimy, że przy 80-procentowym wzroście mocy czynnej wzrost mocy pozornej w linii wynosi $\frac{631 - 500}{500} \cdot 100 = 26\%$, a zatem

wzrost strat jedynie 59% przy nie powiększonym spadku napięcia. Otrzymanie takiego wyniku przez zwiększenie przekrojów linii wymagałoby bardzo dużych nakładów, gdyż oporność bierna (X) linii, mająca zasadniczy wpływ na wielkość spadku, praktycznie nie zależy od przekroju przewodów. Jasne jest, że bateria kondensatorów o mocy 600 kVAr nie może być w całości włączana i odłączana, gdyż wówczas nie dałoby się uniknąć przekompensowania przy obciążeniu średnim, a także dużych wahań napięcia (rzędu ponad 9%) przy włączaniu i wyłączaniu baterii. Dlatego też konieczne jest, aby moc baterii mogła być regulowana przez 5 — 6 stopni. Taka stopniowa regulacja przy kondensatorach umieszczonych po stronie 6,6 kV czyni urządzenie bardzo kosztownym. Natomiast regulacja stopniowa baterii kondensatorów niskiego napięcia

jest znacznie tańsza. Szczególnie korzystne warunki uzyskuje się przy przyłączaniu kondensatorów bezpośrednio do silników, gdyż wówczas osiąga się automatyczną regulację prawie bez żadnych dodatkowych kosztów. Poza tym umieszczenie kondensatorów po stronie nisk. napięcia nie tylko pozwala na pewne zmniejszenie mocy samej baterii, lecz również na zmniejszenie strat w transformatorze i co ważniejsze zmniejszenie mocy dodatkowego transformatora. W rozpatrywanym przykładzie zamiast 400 kVA wystarczy transformator dodatkowy o mocy 160 kVA ($500 + 160 > 631 \text{ kVA}$).

5. Zmniejszenie strat energii.

Niezależnie od omówionych już korzyści gospodarczych, osiąganych w wyniku zastosowania kondensatorów do poprawy współczynnika mocy, zastosowanie to powoduje, jak wiadomo, znaczne zmniejszenie strat mocy, a zatem i energii, gdyż straty te są odwrotnie proporcjonalne do kwadratu $\cos \varphi$.

Jeśli przez linię energetyczną lub przez transformator o stratach równych $r\%$ przy znamionowym obciążeniu P_n (w literaturze zagranicznej często używany jest termin linii lub transformatora o procentowej oporności czynnej r) przesyłana jest moc bierna P_b , to strata mocy spowodowana przesyłaniem tej mocy wynosi

$$(8) p_1^b = \frac{r}{100} P_n \left(\frac{P_b}{P_n} \right)^2 = \frac{r}{100} \cdot \frac{P_b^2}{P_n}$$

W razie włączenia w takim układzie w punkcie poboru mocy czynnej kondensatora o mocy P_k i o stratach procentowych f straty mocy w linii wzgl. w transformatorze zmniejszą się, natomiast zmniejszenia się przepływu mocy biernej do wielkości

$$(9) p_2^b = \frac{r}{100} \frac{(P_b - P_k)^2}{P_n} + \frac{f}{100} P_k$$

W tych warunkach obniżenie strat wyniesie

$$(10) p^b = p_1^b - p_2^b = \left[\frac{r}{100} \frac{(2P_b - P_k)}{P_n} - \frac{f}{100} \right] P_k$$

Różniczkując to równanie, otrzymujemy obniżkę strat obliczoną na jednostkę mocy kondensatora w wysokości

$$(11) \frac{dp^b}{dP_k} = 2 \frac{r}{100} \frac{(P_b - P_k)}{P_n} - \frac{f}{100}$$

Ponieważ straty w nowoczesnych kondensatorach są bardzo nieznaczne ($f \cong 0,3\%$), przeto z punktu widzenia zmniejszenia strat przesyłania energii — zwłaszcza przy większych opornościach czynnych linii i transformatorów — korzystna jest prawie pełna kompensacja mocy biernej. Potrzebną do tego wielkość kondensatora obliczamy przyrównując do zera prawą stronę równania (11), np. dla $r = 3\%$ i $f = 0,3\%$ wartość graniczna wyniesie $P_b - P_k = 0,05 P_n$, a więc będzie osiągnięta prawie pełna kompensacja.

Powyższych rozwiązań nie należy interpretować w tym sensie, że ekonomicznie uzasadnione jest inwestowanie nowych kondensatorów w wielkości określonej jak wyżej. Rozwiązania te tylko wskazują, że istniejącą już w instalacji baterię kondensatorów należy eksploatować w ten sposób, aby regulacja mocy włączonych w każdej chwili kondensatorów zapewniała jak najpełniejszą kompensację. Dobór gospodarczo najkorzystniejszej mocy baterii kondensatorów nowoinstalowanych celem zmniejszenia strat przy przesyłaniu należy opierać na obliczeniu największych uzyskiwanych korzyści, wynikających z porównania kosztów energii straconej przy przesyłaniu z kosztami utrzymania i eksploatacji kondensatorów. Moc tę ustala się na podstawie następującego równania:

$$(12) N = \Delta p^b \cdot k \cdot T - a P_k$$

gdzie N — obniżenie rocznych kosztów eksploatacyjnych związane z zainstalowaniem kondensatorów,

Δp^b — zmniejszenie strat mocy w wyniku zainstalowania kondensatorów o mocy P_k , określone według wzoru (10),

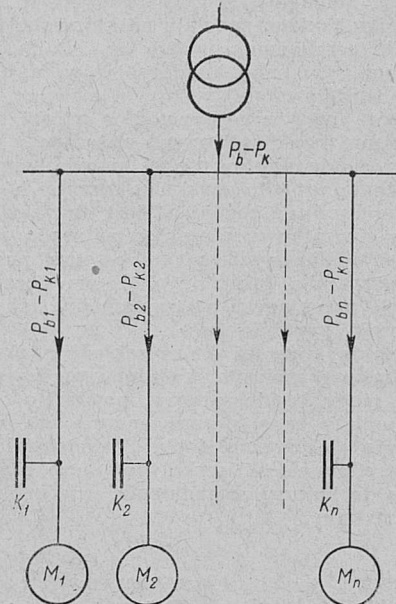
k — koszt nabycia 1 kWh,

T — roczny czas pracy baterii kondensatorów,

a — roczny koszt utrzymania i eksploatacji 1 kVAr mocy kondensatorowej łącznie z amortyzacją i akumulacją,

P_k — moc zainstalowanych kondensatorów.

gdzie licznik przedstawia wartość całkowitego pozostałego po kompensacji prądu biernego, a mianownik przewodność sumaryczną układu. Jeśli w wyniku podzielenia wielkości K przez poszczególne wartości r_n otrzymamy dla któregośkolwiek z odgałęzień (o małym obciążeniu mocą bierną i nieznacznej oporności) wartość na $(P_{bn} - P_{kn})$ większą od wiel-

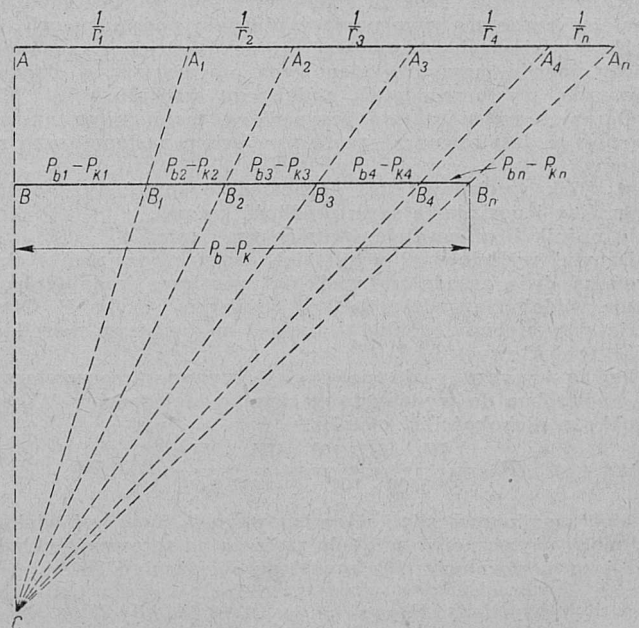


Rys. 5. Rozpyły mocy bierniej w poszczególnych odpiływach po zainstalowaniu kondensatorów

kości P_{bn} , a zatem otrzymamy na P_{kn} wartość ujemną, to należy zaniechać ustawienia kondensatorów na tym odgałęzieniu i obliczenie rozdziału powtórzyć, nie uwzględniając odrzuconych gałęzi.

Wykreślna metoda obliczania rozdziału kondensatorów na poszczególne odpiływy przedstawiona jest na rys. 6. Na pro-

stej AA_n odmierzamy w dowolnej skali kolejno wartości $\frac{1}{r_n}$, a na równoległej doń prostej BB_n wielkość całkowitego obciążenia mocą bierną ($P_b - P_k$) pozostałego po poprawie współczynnika mocy. Z kolei wyznaczamy punkt C przecięcia się prostych AB i A_nB_n i z tego punktu przeprowadzamy pęk prostych do punktów $A_1, A_2, \dots$ i A_n na prostej AA_n . Punkty przecięcia się tych prostych z prostą BB_n wyznaczają szukane wartości $(P_{bn} - P_{kn})$. Podobnie jak przy metodzie anali-



Rys. 6. Wykreślny sposób ustalenia rozdziału mocy kondensatorów na poszczególne odpiływy z szyn niskiego napięcia

tycznej w przypadku, kiedy $P_{bn} - P_{kn} > P_{bn}$, należy odrzucić ten odpływ i powtórzyć obliczenie.

Obliczanie rozdziału mocy kondensatorów nie wymaga daleko posuniętej dokładności, gdyż odchylenia od teoretycznych wartości w granicach do 10% nie mają praktycznego znaczenia, a w praktyce wielkości kondensatorów są dobierane według typowych jednostek, produkowanych w wytwórniach. Gdyby w wyniku takiego podziału na którymkolwiek z odpływów wystąpiło przekompensowanie ($P_{kn} > P_{bn}$), należy odpowiednio zmniejszyć moc kondensatorów, a ujęty nadmiar złożyć na pozostałe odpływy.

Na podstawie powyższych wywodów należy stwierdzić, że jeśli zastosowanie kondensatorów i związana z tym poprawa współczynnika mocy dyktowane są przede wszystkim dążeniem do obniżenia strat, to uzyskane korzyści będą tym większe, im linia elektryczna zasilająca jest dłuższa i bardziej obciążona, $\cos \varphi$ początkowy niższy, cena prądu wyższa i czas pracy urządzenia dłuższy. Biorąc to ostatnie pod uwagę, należy przede wszystkim dążyć do obniżenia strat w zakładach przemysłowych, pracujących na trzy zmiany, jak zakłady chemiczne, papiernie, kopalnie itp.

Przy omawianiu korzyści, które zakładowi przemysłowemu przynosi poprawa współczynnika mocy przez zainstalowanie odpowiedniej mocy kondensatorów, pominięto wyżej sprawę zmniejszenia opłaty za pobieraną energię na skutek przewidzianych taryfą elektryczną dopłat i opustów za osiągniętą wartość $\cos \varphi$. Sprawa ta, aczkolwiek bezpośrednio wiążąca się ze stroną techniczną zagadnienia, wykracza poza ramy niniejszego artykułu.

7. Wnioski.

I. Korzyści uzyskiwane w wyniku zainstalowania kondensatorów po stronie dolnego napięcia transformatora zasilającego zamiast po stronie górnego są następujące:

- zwiększenie możliwości obciążenia transformatora mocą czynną;
 - łatwość i mniejszy koszt regulacji mocy przyłączonych kondensatorów, a tym samym możliwość lepszej regulacji poziomu napięcia;
 - zmniejszenie strat mocy i energii w samym transformatorze;
 - możność uzyskania tego samego wyniku przy pomocy baterii kondensatorów o nieco mniejszej mocy niż w przypadku zainstalowania jej po stronie wysokiego napięcia.
- III. Jeśli są do dyspozycji kondensatory w mniejszych jednostkach tak, że mogą być instalowane bezpośrednio przy odbiornikach, to uzyskuje się dalsze korzyści:
- zmniejszenie strat w przewodach niskiego napięcia;
 - zwiększenie zdolności przepustowej linii niskiego napięcia;
 - automatyczną regulację napięcia i brak dodatkowego sprzętu łączeniowego w razie przyłączenia kondensatora do silnika przez wspólny wyłącznik.

LITERATURA

- [1] Polakow B. Kondensatornye ustanovki dla povyszenija koeficienta moszcznosti
- [2] ASEA. Capacitors as producers of reactive power
- [3] Philips. Starkstromkondensatoren
- [4] Madjar L. Der Leistungsfaktor $\cos \varphi$

MGR INŻ. KAROL WAJS

Określanie zasadniczych parametrów napędu maszyn wyciągowych

621.83:621.316.718.5:621.876

Treść. Przedstawiono metodę pozwalającą w sposób na ogół jednoznaczny określać stopniowo coraz dalsze parametry napędu maszyn wyciągowych pracujących w układzie Leonarda. Ograniczono się do rozwiązań realnych w warunkach krajowych ze szczególnym uwzględnieniem istniejących i przewidywanych konstrukcji.

Определение основных параметров привода подъемных машин. Представлен метод, позволяющий постепенно определять эти параметры для привода машин, работающих по схеме Леонарда. Автор имеет в виду решения пригодные для польских условий и принимает во внимание прежде всего существующие и проектируемые конструкции.

Determination of Essential Parameters of Hoisting Machine Drive. A method is presented, enabling the gradual, generally unequivocal, determination of consecutive parameters of hoisting machine drive operating on the Leonard system. Only such solutions are given which have a practical value in Polish conditions, taking into particular account existing and anticipated constructions.

Wyznaczenie charakterystycznych wielkości jakiegokolwiek napędu przebiega zwykle etapami. Jedne z tych parametrów są dane bezpośrednio, inne wynikają z poprzednich, jeszcze inne trzeba wyprowadzać na podstawie dłuższej czy krótszej analizy całości zagadnienia. Można by tu mówić o pewnego rodzaju metodzie „krok za krokiem”, i tego właśnie typu badanie, pozwalające przy pomocy niewielu podstawowych danych wyjściowych otrzymywać coraz bardziej szczegółowe cechy napędu maszyn wyciągowych pracujących w układzie Leonarda, jest przedmiotem niniejszego artykułu.

Ograniczymy się tu do przypadków realnych na naszym terenie, co jest równoznaczne z przyjęciem następujących założeń:

a) silnik wyciągowy jest bezpośrednio sprzężony z nośnikiem liny i posiada tę samą prędkość kątową,

b) nośnik liny ma stałą średnicę nawijania.

Danymi wyjściowymi wszystkich naszych rozważań i obliczeń są dwie zasadnicze wielkości górnicze: średnie planowane wydobyte godzinowe W_h i głębokość szybu H . Określają one urabiane pokłady węgla i są podstawą wszelkich prac projektowych.

Pewną wytyczną co do wielkości maszyny jest moc użyteczna P_{uz} potrzebna do wydobywania w ciągu jednej godziny W_h ton urobku z głębokości H metrów.

$$(1) \quad P_{uz} = \frac{W_h \cdot H \cdot 10^3}{3600 \cdot 102} = \frac{W_h \cdot H}{367,2} \quad (\text{kW}).$$

Moc znamionowa silnika wyciągowego P_s musi być większa od mocy użytecznej ze względu zarówno na sprawność układu, jak i na nierównomierność przebiegu obciążenia silnika:

$$(1a) \quad P_s = \frac{P_{uz}}{\eta_z} \quad (\text{kW}),$$

przy czym zawsze $\eta_z < 1$ i wzrasta powoli wraz z głębokością. Jak wykazują przeliczenia, można przyjąć, że $\eta_z = f(H)$ jest

funkcją liniową. Analizując wartości liczbowe przeciętnie spotykanych rozwiązań można dojść do następujących równań określających liczbowo moc silnika wyciągowego:

$$(1b) \quad P_s = \frac{W_h \cdot H}{85 + \frac{H}{10}} \quad (\text{kW}),$$

dla chłodzenia obcego

$$(1c) \quad P_s = \frac{W_h \cdot H}{55 + \frac{H}{10}} \quad (\text{kW}).$$

Rys. 1 i 2 przedstawiają obliczone z tych wzorów linie stałej mocy w zależności od głębokości i wydobywania godzinowego^{*)}.

Pierwszym parametrem, który daje się wyznaczyć, jest ciężar jednorazowo wydobywanego urobku Q (w tonach). Jeżeli v oznacza liczbę jazd z urobkiem na godzinę, to mamy zależność:

$$(2) \quad v = \frac{W_h}{Q} \quad (\text{h}^{-1}).$$

Z drugiej strony

$$(3) \quad v = \frac{3600}{k \cdot T} = \frac{3130}{T} \quad (\text{h}^{-1}),$$

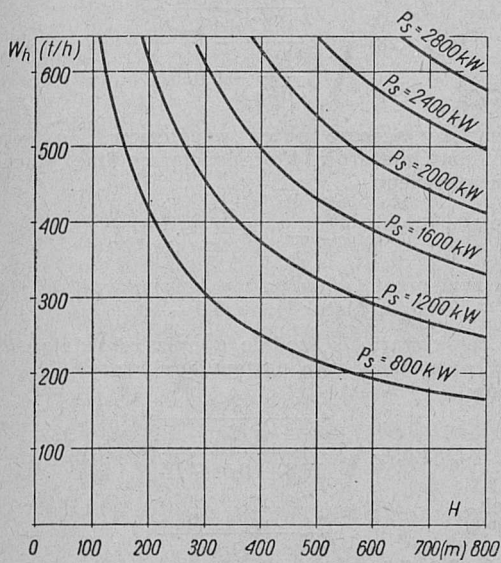
^{*)} Otrzymane wykresy zasługują na uwagę, gdyż mogą być podstawą wszelkich prac typizacyjnych. Jeśli do rozpatrywanego terenu górniczego wyznaczyć w układzie współrzędnych (W_h/H) cechy istniejących i przewidywanych szybów, wtedy rozkład takich punktów charakterystycznych, ich obszary skupienia i ich zasięg wskażą bezpośrednio, jaki mniej więcej należałoby wybrać szereg mocy silników wyciągowych. Tak przedstawia się sama zasada metody typizacyjnej, której szczegóły wymagałyby osobnego opracowania.

gdzie k — współczynnik nierównomierności napływu urobku równy zwykle ok. 1,15,

T — pełny czas trwania jednego cyklu w sekundach.

Ten ostatni określony jest równością:

$$(4) \quad T = t_r + t_h + t_j + t_p \quad (s).$$



Rys. 1. Moc silnika przy chłodzeniu obcym

We wzorze tym oznaczają:

a) t_r — czas rozruchu, który przy założeniu stałego przyspieszenia a_r otrzymamy ze wzoru:

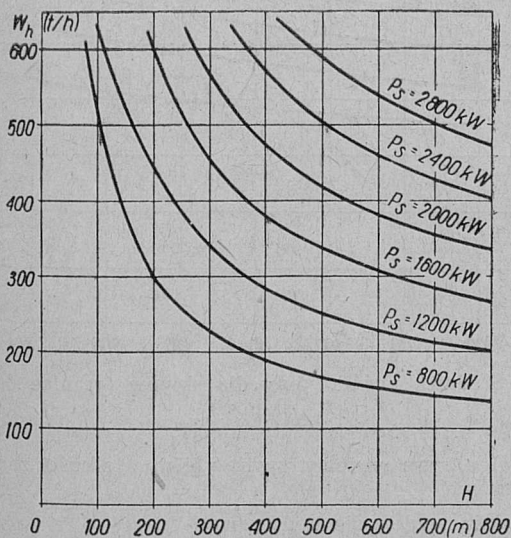
$$(5a) \quad t_r = \frac{V}{a_r} \quad (s),$$

gdzie V — prędkość jazdy ustalonej (m/s);

b) t_h — czas hamowania, który przy stałym opóźnieniu a_h otrzymuje się ze wzoru

$$(5b) \quad t_h = \frac{V}{a_h} \quad (s);$$

c) t_j — czas jazdy z pełną prędkością, który według po-



Rys. 2. Moc silnika przy chłodzeniu własnym

wszechnie znanych zależności kinematycznych otrzymuje się ze wzoru:

$$(5c) \quad t_j = \frac{H}{V} - \frac{V}{2} \left(\frac{1}{a_r} + \frac{1}{a_h} \right) \quad (s);$$

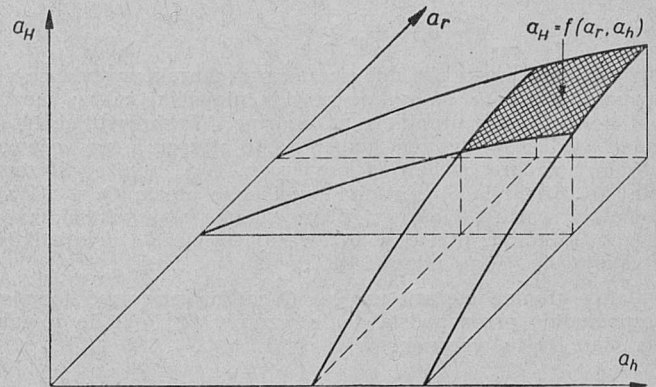
d) t_p — czas postoju, który dla wyciągów skipowych można przyjmować jako równy liczbowo ciężarowi użytecznemu Q w tonach:

$$(5d) \quad t_p(\text{sek}) \cong Q(\text{ton}),$$

dla wyciągów zaś klatkowych można przyjąć przybliżoną zależność

$$(5e) \quad t_p = 0,02 \frac{P_s}{N} \quad (s),$$

gdzie N — liczba poziomów wyładowniczych. Przeciętnie dla skipów $t_p = 10$ s, a dla klatek $t_p = 20 \div 25$ s.



Rys. 3. Związki między przyspieszeniami

Oznaczmy teraz przez a_H średnią harmoniczną wielkości a_r i a_h tzn.

$$(6) \quad a_H = 2 \frac{a_r \cdot a_h}{a_r + a_h} \quad (m/s^2).$$

Przebieg $a_H = f(a_r, a_h)$ podaje rys. 3; jest to wycinek powierzchni stożkowej o tworzących odpowiadających osiom a_r i a_h ograniczony w zależności od zakresu zmienności przyspieszenia. Zwykle bywa

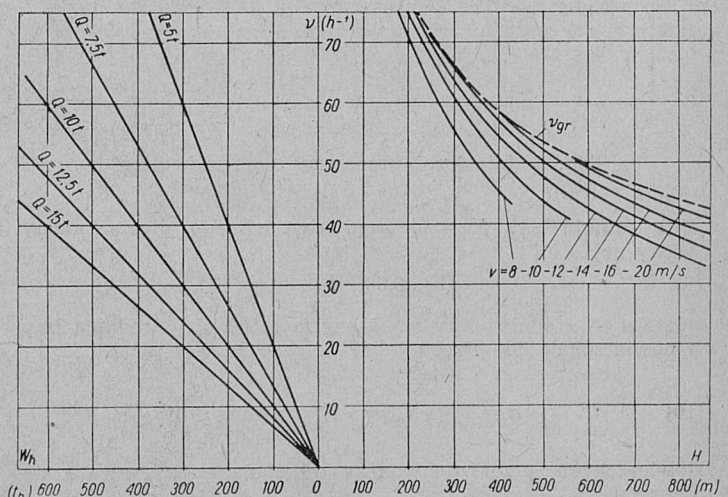
$$a_r = 0,6 \div 0,9 \text{ m/s}^2, \quad a_h = 0,8 \div 1,1 \text{ m/s}^2,$$

skąd $a_H = 0,7 \div 1,1 \text{ m/s}^2$, średnio zaś można przyjąć $a_H = 0,85 \text{ m/s}^2$

(tę też wartość przyjęto w dalszych obliczeniach). Ostatecznie otrzymujemy z równania (3):

$$(6a) \quad v = \frac{3130}{t_p + \frac{H}{V} + \frac{V}{a_H}} \quad (h^{-1}).$$

Przedstawmy teraz we wspólnym układzie współrzędnych zależności $v = f(W_h)$ przy $Q = \text{const}$ i $v = f(H)$ przy $V = \text{const}$, jak to przykładowo dla $t_p = 10$ s podano na rys. 4.



Rys. 4. Nomogram do określania ciężaru urobku

Z takiego nomogramu można już bezpośrednio odczytać wartość ciężaru urobku Q , przy czym postępowanie powinno tu być następujące. Najpierw znaną głębokość H należy rzutować poprzez pęk charakterystyk $v = f(H)$ na oś v . Ten pęk charakterystyk jest na ogół dość wąski, a ponadto od góry ograniczony dzięki temu, że trójkątny wykres jazdy — gdy cykl składa się tylko z rozruchu i hamowania — jest przy-

padkiem krańcowym, powyżej którego powiększenie prędkości jest już niemożliwe. Ponieważ wtedy $t_j = 0$, więc z równania (5c) łatwo otrzymać wzór wyznaczający wartość graniczną prędkości V_{gr}

$$(7) \quad V_{gr} \leq \sqrt{H \cdot a_H} \quad (\text{m/s}).$$

Pamiętając, że prędkość rzeczywista zawiera się zwykle w granicach

$$0,5 \cdot V_{gr} < V < V_{gr},$$

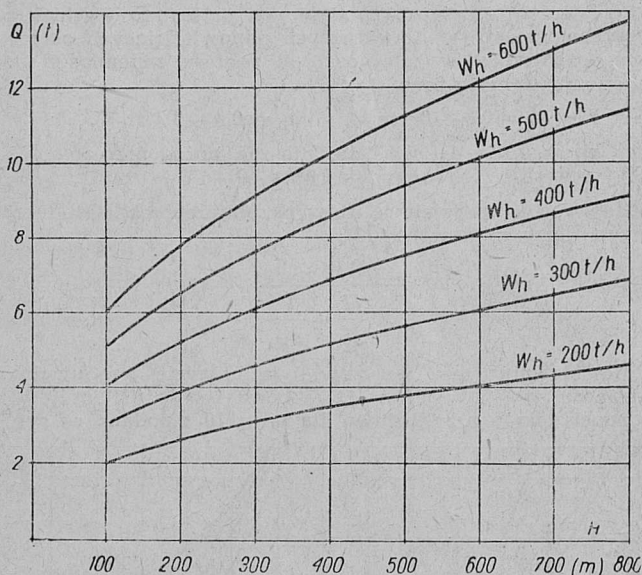
otrzymujemy wąski pas dopuszczalnych charakterystyk, co po przerzutowaniu na oś v daje pewien niewielki zakres możliwej liczby jazd z urobkiem na godzinę. Wykorzystując teraz znaną wartość wydobywania godzinowego otrzymuje się w lewej stronie nomogramu pewien obszar (v, W_h), poniżej którego (ale możliwie blisko) powinna przebiegać prosta $Q = f(W_h)$. Ponieważ wartość ciężaru urobku zmienia się skokami (zwykle co 2,5 tony), przeto w przeważającej liczbie przypadków uzyskuje się jedną odpowiedź, rzadko — dwie.

Dolną granicę ciężaru urobku Q można otrzymać również bezpośrednio przez podstawienie wzorów (2) i (7) do równania (3a). Da to warunek:

$$(8) \quad Q_{gr} \geq \frac{W_h}{3130} \cdot \left(t_p + 2 \sqrt{\frac{H}{a_H}} \right) \quad (\text{t}).$$

Te wartości graniczne dla $t_p = 10$ s przedstawia rys. 5 przy różnym wydobywaniu godzinowym.

Ustalmy teraz drugi parametr — średnicę nawijania liny D . Tu punktem wyjścia jest stosunek średnicy nawijania do śred-



Rys. 5. Wartości graniczne ciężaru urobku

nicy samej liny. Aby uniknąć zbyt silnego gięcia, mamy zazwyczaj

$$(9) \quad D \geq 0,08 \cdot d \quad (\text{m}),$$

gdzie d — średnica liny w milimetrach. Między średnicą liny a powierzchnią jej przekroju F_1 (w mm^2) mamy zależność:

$$(10) \quad d = 1,5 \cdot \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot F_1} \quad (\text{mm}).$$

Powierzchnia przekroju zależy od obciążenia i wyraża się wzorem

$$(11) \quad F_1 \cdot R_r = W_b \cdot (Q + q_1 \cdot H + G_m) \cdot 10^3 \quad (\text{kG}),$$

gdzie R_r — wytrzymałość liny na zerwanie (kG/mm^2),

q_1 — ciężar na jednostkę długości (t/m),

G_m — obciążenie pochodzące od innych mas martwych np. wózków, klatek, zawiesi itp. (t),

W_b — współczynnik bezpieczeństwa zawarty w granicach 8 — 10, średnio $W_b = 9$.

Jeśli dalej uwzględnić, że w przybliżeniu

$$(12) \quad q_1 = F_1 \cdot 10^{-5} \quad (\text{t/m}),$$

to ze wzorów (9), (10), (11) i (12) otrzyma się następującą końcową zależność:

$$(9a) \quad D \geq 4,28 \cdot \sqrt{\frac{Q + G_m}{\frac{R_r}{W_b} - 0,01 \cdot H}} \quad (\text{m}).$$

Wprowadźmy jeszcze nowy współczynnik α , wyrażający stosunek sumy ciężarów, które obciążają linę pracującą, do ciężaru użytecznego Q , czyli

$$(13) \quad \alpha = 1 + \frac{G_m}{Q}.$$

W pierwszym przybliżeniu można przyjmować, że dla skipów $\alpha = 2,0 - 2,5$, dla klatek $\alpha = 3,0 - 3,5$.

Biorąc teraz wartości średnie α oraz zakładając $R_r = 160 \text{ kG/mm}^2$, otrzymamy dwa następujące wzory: dla skipów

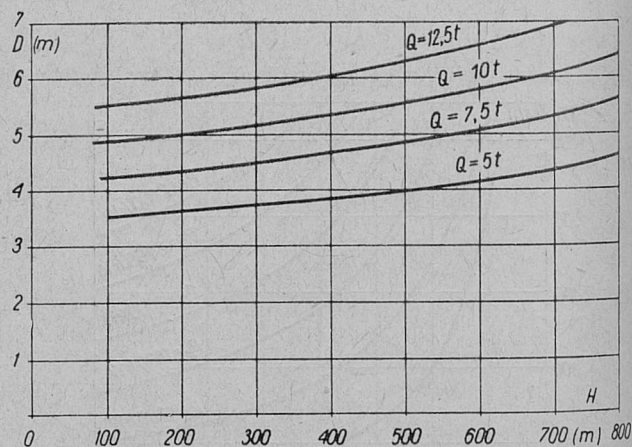
$$(9b) \quad D \geq 6,4 \cdot \sqrt{\frac{Q}{17,8 - 0,01 \cdot H}} \quad (\text{m}),$$

dla klatek

$$(9c) \quad D \geq 7,7 \cdot \sqrt{\frac{Q}{17,8 - 0,01 \cdot H}} \quad (\text{m}).$$

We wzorach powyższych znane są zarówno ciężar Q , jak i głębokość H , więc łatwo też obliczyć średnicę D . Jeśli dalej uwzględnić, że średnica ta, jak i wartość Q , zmieniają się skokami (D — zwykle co 1 m), to i tu otrzymuje się prawie zawsze ze wzorów (9b) i (9c) jedną odpowiedź, między innymi ze względu na dość płaski przebieg charakterystyk $D = f(H)$ przedstawionych na rys. 6.

Ponadto z wyprowadzonych wzorów można przy pomocy równania (9) wyznaczyć również średnicę liny nośnej d , a więc i jej pochodne wielkości, jak np. ciężar 1 m. b. q_1 .



Rys. 6. Średnice nośnika liny dla skipów (granice dolne dla skipów)

Tak więc teraz możemy uważać jako wielkości znane pięć parametrów:

- 1) średnie wydobywanie godzinowe W_h ,
- 2) głębokość szybu H ,
- 3) ciężar urobku Q ,
- 4) średnicę nośnika liny D ,
- 5) średnicę samej liny d .

Dalszą grupę parametrów, obejmującą takie wielkości, jak prędkość jazdy, przyspieszenie, czas trwania cyklu, a w pewnym sensie i moc silnika wyciągowego, najlepiej określać

*) Jest to wartość najbardziej realna w warunkach krajowych, a ponadto liny o większej wytrzymałości jako mniej giętkie wymagają większych średnic nośników liny, założenie więc powyższe da zawsze wyniki bliskie rzeczywistości.

wspólnie. Za punkt wyjścia bierzemy wzory (2) i (3), które dadzą się napisać w postaci:

$$(14) \quad W_h = 3130 \cdot \frac{Q}{T} \quad (\text{t/h}).$$

Czas trwania cyklu T w ogólnym przypadku jest funkcją czterech wielkości: czasu postoju t_p , prędkości V , przyspieszenia przy rozruchu a_r i opóźnienia przy hamowaniu a_h . Względnie łatwo dają się wyrugować dwie z nich — t_p i a_h . Otóż czas postoju może być przy znanym typie wyciągu dość dokładnie wyznaczony (np. dla klatek wypada 4–5 sekund na każdy wózek na piętrze i 2–3 sekundy na każde przestawienie klatki). Dalej w pierwszym przybliżeniu najlepiej jest przyjąć, że mamy do czynienia z hamowaniem samoistnym, tzn. urobek kończy swój bieg siłą rozpędu. Wtedy bowiem osiągamy największą sprawność urządzenia (pełne wykorzystanie energii kinetycznej mas w ruchu). Dla takiego hamowania:

$$(15) \quad a_h = 2 \cdot g \cdot D \cdot \frac{M_h}{\Sigma GD^2} \quad (\text{m/s}^2),$$

gdzie g — przyspieszenie ziemskie,

M_h — moment hamujący (tm),

ΣGD^2 — wypadkowy moment zamachowy urządzenia (tm²).

Sam moment hamujący dają wzory: przy braku liny dolnej

$$(16) \quad M_h = 1,16 \cdot \frac{D}{2} (Q - 2 \cdot q_1 \cdot H) \quad (\text{tm});$$

gdy lina nośna jest zrównoważona

$$(16a) \quad M_h = 1,16 \cdot \frac{D}{2} \cdot Q \quad (\text{tm}),$$

przy czym współczynnik 1,16 w obu powyższych wzorach uwzględnia wpływ oporów szybu.

Nieco bardziej skomplikowanie przedstawia się sprawa wypadkowego momentu zamachowego. Składają się nań:

a) moment zamachowy mas w ruchu postępowym, określony równaniem:

$$(17) \quad GD_m^2 = D^2 \cdot \left\{ Q(2\alpha - 1) + \beta \cdot q_1 \cdot \left(H + \frac{50}{\beta} \right) \right\} \quad (\text{tm}^2),$$

przy czym w drugim członie należy brać $\beta = 1$ przy braku liny dolnej i $\beta = 2$ przy zrównoważonej linie nośnej, a składnik 50 sumujący się z głębokością szybu uwzględnia z grubsza odcinki liny na nadszypiach;

b) moment zamachowy nośnika liny dany przybliżonymi wzorami: dla tarczy Koepe

$$(17a) \quad GD_{TK}^2 = 0,25 \cdot D^4 \quad (\text{tm}^2),$$

dla bębnow (pojedynczo)

$$(17b) \quad GD_B^2 = 0,9 \cdot D^3 \cdot B \quad (\text{tm}^2),$$

gdzie B = szerokość jednego bębna w metrach otrzymana z równania

$$(18) \quad B = (d + 2) \left(\frac{H}{\pi \cdot D} + 4 \right) \cdot 10^{-3} \quad (\text{m});$$

c) moment zamachowy kół linowych według wzoru (dla jednego koła):

$$(17c) \quad GD_{KL}^2 = 0,1 \cdot D_{KL}^4 \quad (\text{tm}^2),$$

gdzie D_{KL} = średnica koła linowego w metrach, przy czym $D_{KL} \geq D$;

d) moment zamachowy mas wirujących silnika wyciągowego według wzoru przybliżonego:

$$(17d) \quad GD_s^2 = 8 \cdot M_{zn} \quad (\text{tm}^2),$$

przy czym M_{zn} — znamionowy moment obrotowy silnika (tm).

W ten sposób uzyskamy wydobyte jako funkcję dwu tylko wielkości: prędkości V i przyspieszenia przy rozruchu a_r w postaci równania

$$(14a) \quad W_h = \frac{3130 \cdot Q}{t_p + \frac{H}{V} + \frac{V}{2} \cdot \frac{a_r + a_h}{a_r \cdot a_h}} \quad (\text{t/h}),$$

pozwalającego wykreślić funkcje $W_h = f(a_r)$ przy różnych wartościach $V = \text{const}$. W dalszym ciągu należy otrzymać za-

leżność mocy silnika wyciągowego od tych samych parametrów V i a_r . Najlepiej jest posługiwać się tu metodą momentu zastępczego. Otóż mamy

$$(19) \quad P_s = 19,4 \cdot M_z \cdot \frac{V}{D} \quad (\text{kW}),$$

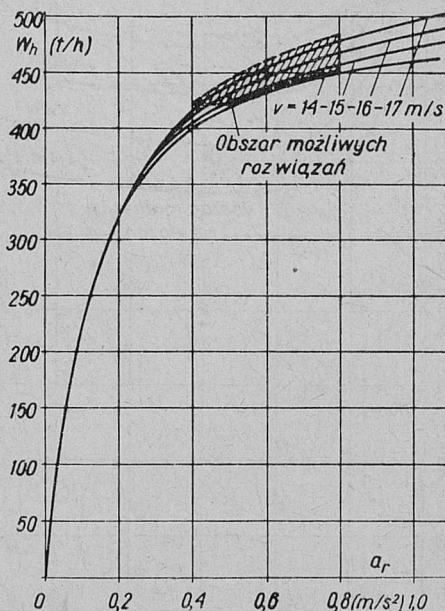
gdzie M_z = obrotowy moment zastępczy według wzoru

$$(20) \quad M_z = \sqrt{\frac{\int_0^T M_x^2 \cdot dt}{T_z}} \quad (\text{tm}).$$

We wzorze tym T_z jest czasem zastępczym trwania cyklu, który przy chłodzeniu obcym równy jest czasowi trwania cyklu T , przy chłodzeniu zaś własnym daje się obliczyć z równania

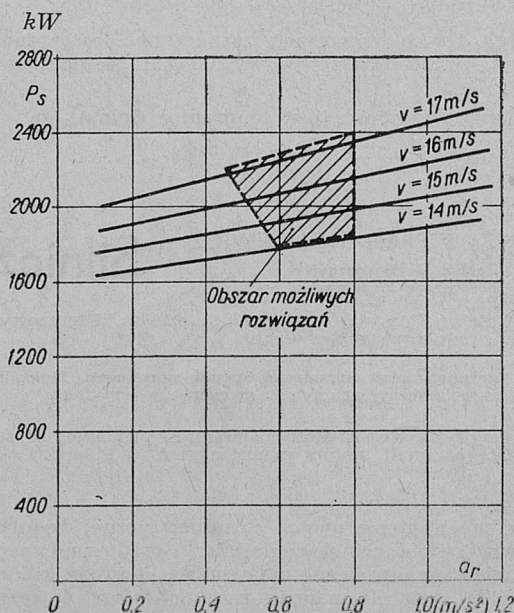
$$(21) \quad T_z = t_j + \xi_1 \cdot t_p + \xi_2 \cdot (t_r + t_h) \quad (\text{s}),$$

gdzie ξ_1 i ξ_2 są to współczynniki mniejsze od jedności i uwzględniające gorsze warunki chłodzenia przy mniejszych prędkościach; zwykle $\xi_1 = 0,25$, $\xi_2 = 0,5$.



Rys. 7. Wydajność w funkcji przyspieszenia

Obliczanie wartości momentu zastępczego M_z według wzoru (20) jest dość proste, gdyż z założenia hamowania samoistnego wynika, że momenty obciążające silnik występują wyłącz-



Rys. 8. Moc silnika przy chłodzeniu obcym

nie w czasie rozruchu (M_r) i jazdy (M_j). Jeśli dalej przez m oznaczyć stosunek

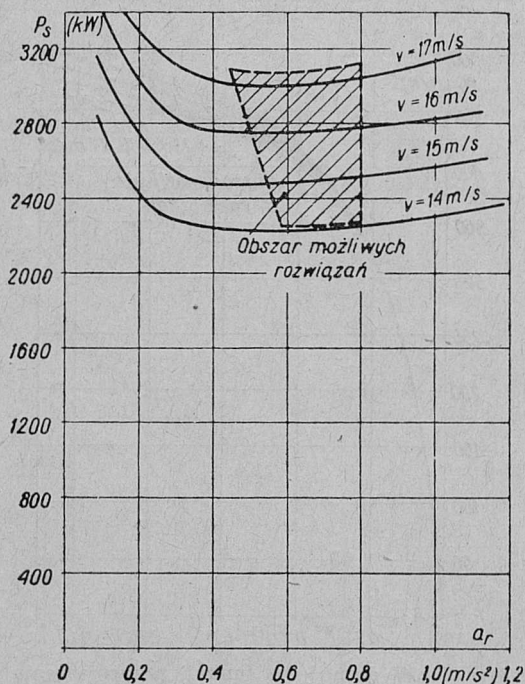
$$(22) \quad m = \frac{M_r - M_j}{a_r \cdot M_j} = \frac{\Sigma GD^2}{2 \cdot g \cdot D \cdot M_j} \quad (s^2/m),$$

to łatwo dojść do następującego wzoru:

$$(20a) \quad M_z = M_j \cdot \sqrt{\frac{\frac{H}{V^2} + \frac{a_h - a_r}{2 \cdot a_r \cdot a_h} + m(2 + m a_r)}{\frac{H}{V^2} + \frac{a_r + a_h}{2 a_r \cdot a_h} \left(\xi_2 - \frac{1}{2} \right) + \frac{\xi_1}{V} \cdot t_p}} \quad (tm),$$

przy czym jeśli moment M_j nie jest stały (brak zrównoważenia liny nośnej), to należy brać wartości wypośrodkowane.

Rys. 7, 8 i 9 przedstawiają omawiane zależności dla pewnego konkretnego przypadku, gdyż tylko dla takich przypadków



Rys. 9. Moc silnika przy chłodzeniu własnym

można je wykreślać. W przedstawionym przykładzie mamy: $W_h = 440$ t/h; $H = 590$ m; $D = 6$ m, $Q = 10$ t.

Na tych trzech wykresach zaznaczono obszar możliwych rozwiązań. Granice obszarów wyznaczają następujące wymagania:

- a) żądana wydajność (jest to granica dolna),

b) największe dopuszczalne przyspieszenie; przy tarczy Koepe'go wynosi ono ok. 85% wartości krytycznej ze względu na poślizg liny; dla bębnow można przyjmować

$$a_r \leq 1,1 \text{ m/s}^2;$$

c) prędkość dopuszczalna ze względu na konstrukcję silnika wyciągowego; zazwyczaj silniki wyciągowe są budowane na pewien zakres prędkości obrotowej, np. konstrukcje krajowe zawierają się w granicach

$$55 \text{ obr/min} \geq n \geq 45 \text{ obr/min},$$

co wobec zależności

$$(22) \quad V = \frac{\pi \cdot D}{60} \cdot n \quad (m/s)$$

daje nam granice prędkości przy znanej średnicy nośnika liny.

Analiza takich trzech wykresów z podanymi obszarami możliwości rozwiązań pozwala określić charakterystyczne wielkości cyklu pracy. Zazwyczaj wybiera się tu najniższe wartości prędkości, gdyż wtedy otrzymuje się pewne oszczędności w maszynach przetwornicy oraz przyspieszenia wypadające w środku obszaru możliwości.

Ostatni etap — to określenie mocy trzech maszyn: silnika wyciągowego, prądnicy sterującej i silnika przetwornicy. W tym wstępnym stadium najwygodniej jest posługiwać się powszechnie znaną metodą momentu zastępczego, przy czym cykl pracy i moc silnika wydobywczego znane są bezpośrednio z dotychczasowych rozważań, moce zaś prądnicy sterującej i silnika przetwornicy należy obliczać z uwzględnieniem strat w jednostkach pośredniczących. W pierwszym przybliżeniu zazwyczaj wystarcza dodatkowe założenie proporcjonalności strat do drugiej potęgi momentu obciążającego. Zwykle moc prądnicy sterującej wypada o $\sim 10\%$ większa, moc zaś silnika przetwornicy o 20% — 30% mniejsza od mocy silnika wyciągowego. Sprawa ulega pewnej komplikacji, gdy do napędu przetwornicy przewiduje się silnik synchroniczny, który ma być zarazem używany do poprawy współczynnika mocy. Wtedy na ogół wypadają jednostki znacznie większe, ale problem ten wykracza już poza ramy niniejszej pracy.

Pozostaje jeszcze do omówienia kwestia dokładności opisanej metody i możliwości jej zastosowania. Co do pierwszej sprawy należy rozróżniać parametry o charakterze nieciągłym, które określamy na ogół w sposób ostateczny (średnice, ciężary, moce itp.), gdyż skoki między ich kolejnymi wartościami są zwykle zbyt duże, by mogły powstawać poważniejsze wątpliwości co do wybranych rozwiązań, oraz parametry o charakterze ciągłym (przyspieszenia, czasy itp.), gdzie poprzestajemy chwilowo na przybliżonych wartościach, które mogą być dokładniej określone drogą dalszych prac i badań. Błędy w zakresie tych drugich wielkości są przeciętnie rzędu 5% — 10% , przy czym nie mają one zazwyczaj wielkiego wpływu na całość obliczeń i ulegają w dużym stopniu wzajemnej kompensacji.

Możliwości zastosowania opisanej metody są dwójakiego rodzaju: 1) w zakresie projektów i obliczeń wstępnych wszelkiego typu, 2) w zakresie ogólnych rozważań — charakteru typizacyjnego czy badawczego — z racji przejrzystości, łatwości i prostoty metody.

MGR INŻ. STEFAN KOŁKIEWICZ

Zakład Elektroenergetyki
Politechniki Wrocławskiej

Silniczek histerezowy

621.313.322—181.4(438)

Treść. Zasada działania silniczków histerezowych. Wytyczne dla doboru materiałów wirnika, dane charakterystyczne silniczków produkowanych w kraju.

Гистерезисный двигатель малой мощности. Принцип действия такого двигателя. Указания относительно подбора материалов для ротора. Характерные данные двигателей местного производства.

Small Hysteresis Motor. Operation principles of small hysteresis motors. Indications for choice of rotor materials. Characteristic data of small motors manufactured in Poland.

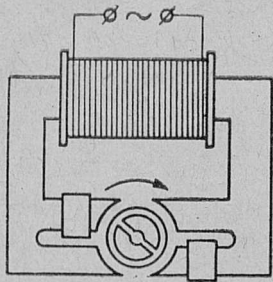
1. Wstęp.

W układach pomiarowych i automatycznej regulacji jednym z ważnych elementów są silniczki prądu zmiennego asynchroniczne i synchroniczne małej mocy — rzędu kilku watów. Silniczki te służą do napędu posuwu taśmy w samopisach, napędu krzywek regulatorów elektromechanicznych, uruchamiania elementów kompensujących itp.

W napędach wymagających stałej prędkości obrotów mechanizmu używa się silniczków synchronicznych, histerezowych lub reakcyjnych. Prędkość obrotowa tych silniczków jest ściśle zależna od częstotliwości sieci i liczby biegunów. Cenną zaletą silniczków histerezowych jest możliwość sterowania nimi za pomocą wzmacniacza elektronowego, co otwiera szerokie pole do stosowania ich w elektronice przemysłowej.

2. Zasada działania.

Rys. 1 przedstawia silniczek histerezyowy jednokierunkowy. Cewkę silniczka zasilają prądem zmiennym. Na części nabiegunka nałożono zwój zwarty z miedzi, powodujący powstanie przesunięcia fazowego ϕ między strumieniami przechodzącymi przez obydwie części nabiegunka. Przesunięcie fazowe między strumieniami, połączone z ich przesunięciem przestrzennym, powoduje powstanie pola magnetycznego wirującego. Aby spełnić warunek powstania pola wirującego o charakterze kołowym, a mianowicie uzyskać przesunięcie fazowe strumieni równe ich przesunięciu przestrzennemu, dobiera się odpowiednio wymiary zwoju zwartego. W wypadku niespełnienia tego warunku pole wirujące ma charakter elip-



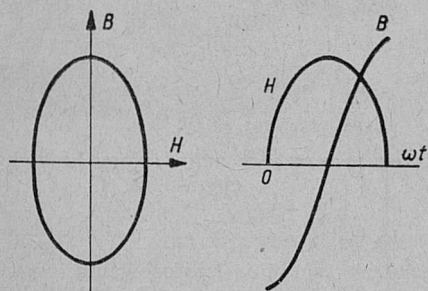
Rys. 1. Silniczek histerezyowy

tyczny. W praktyce staramy się jak najbardziej zbliżyć kształt pola wirującego do kołowego.

Zagadnieniem specjalnym przy konstrukcji silniczka histerezyowego jest dobór materiałów wirnika. Wirnik silniczka histerezyowego wykonany w postaci cylindra winien mieć jednakową przewodność magnetyczną we wszystkich kierunkach. Dla uniknięcia wpływu prądów wirowych wykonuje się wirnik z cienkich płytek lub z materiału sproszkowanego i następnie sprasowanego.

Wskutek jednakowej przewodności magnetycznej wirnika we wszystkich kierunkach i braku oddziaływania wirnika silniczka pobiera prąd o stałej wartości, niezależny od jego prędkości obrotowej. Przesunięcie między pierwszymi harmonicznymi natężenia pola magnetycznego H i indukcji magnetycznej B , stanowiące tzw. kąt histerezy ψ , nie zależy od prędkości obrotów wirnika.

Przesunięciu przestrzennemu między H i B odpowiada przesunięcie fazowe ϕ między pierwszymi harmonicznymi napięcia U i natężenia prądu I . Kąt ϕ nie zależy więc od prędkości obrotowej wirnika. Przy stałych wartościach U ,

Rys. 2. Wykres H i B oraz pętlica histerezy

I i ϕ moc P_{el} przekazywana przez pole wirujące do wirnika ma wartość stałą.

Przy zahamowanym wirniku cała moc jest stracona w wirniku i wynosi

$$P_h = G \cdot V_{f1} - P_{el},$$

gdzie P_h — moc histerezy,

V_{f1} — stratność przy częstotliwości f_1 ,

G — ciężar materiału wirnika.

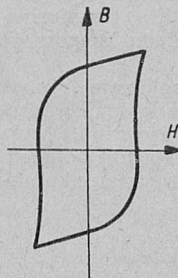
Przy dowolnej prędkości obrotowej wirnika moc stracona w wirniku jest proporcjonalna do poślizgu s . Równanie mocy będzie wtedy miało postać:

$$P_{el} = M_d \frac{2\pi n}{60} + G \cdot V_{f1} \cdot s,$$

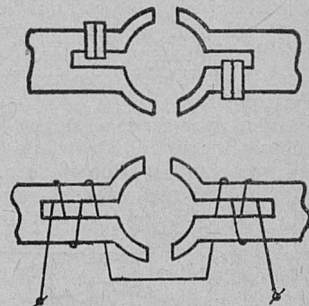
gdzie M_d — moment obrotowy. Przy biegu synchronicznym:

$$P_s = P_{el} = M_d \frac{2\pi \cdot n_s}{60} = G \cdot V_{f1}.$$

Powyższy wzór wskazuje, że moment silniczka jest stały, a moc silniczka przy biegu synchronicznym jest praktycznie równa mocy straconej w wirniku unieruchomionym.



Rys. 3. Praktyczna pętlica histerezy



Rys. 4. Schemat uzwojeń nabiegunka

Jak widać, dobór materiału wirnika polega na dobraniu materiału o największej stratności histerezy.

Według Grobego wzór na straty histerezy jest następujący:

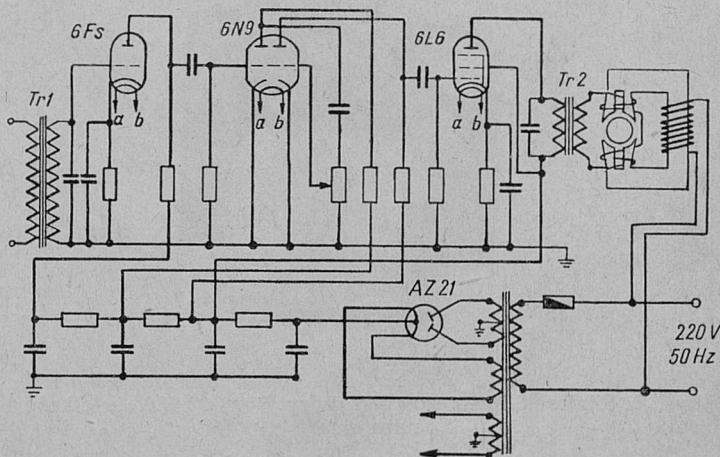
$$P_h = \pi \cdot h_1 \cdot b_1 \cdot \sin \psi_1,$$

gdzie $h_1 b_1$ — wartości natężenia pola magnetycznego i indukcji magnetycznej,

ψ_1 — kąt histerezy.

Jak widać z powyższego wzoru, H i B winny zmieniać się sinusoidalnie, bez wyższych harmonicznych, i kąt między nimi winien wynosić 90° . Wykres H i $B = f(\omega t)$ oraz wykres pętlicy histerezy przedstawia rys. 2. Praktycznie idealny wygląd pętlicy histerezy przedstawiono na rys. 3. Do tego rodzaju wyglądu krzywej można zbliżyć się przez dobór odpowiednich materiałów wirnika, który powinien mieć charakterystykę o możliwie stromych bokach pętlicy histerezy i możliwie największym kącie wierzchołka pętlicy histerezy.

Z powyższego wynika, że wirnik winien być wykonany: 1) z materiału o dużej stratności histerezy, 2) z materiału sproszkowanego i następnie sprasowanego lub z cienkich płytek.



Rys. 5. Schemat silniczka nawrotnego sterowanego przez wzmacniacz lampowy

W wypadku, kiedy wirnik silniczka jest wykonany w ten sposób, że ma niejednakową przewodność magnetyczną we wszystkich kierunkach, a więc gdy ma otwory, wykroje itp., mówimy o silniczku typu mieszanego, typu histerezyowo-reakcyjnego.

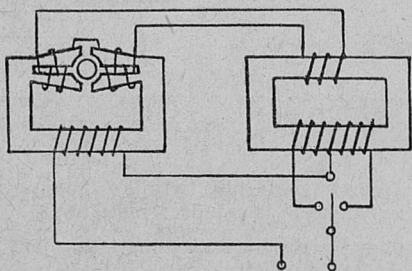
3. Silniczek nawrotny.

Silniczek nawrotny różni się od silniczka ze zwojem zwar- tym tym, że ma na nabiegunkach uzwojenie sterujące. Schemat uzwojenia nabiegunka przedstawia rys. 4.

Stosowane są dwa układy połączeń silnika nawrotnego: 1) z transformatorem sterującym połączonym równolegle z cewką wzbudzenia silnika; 2) z transformatorem sterującym połączonym szeregowo z cewką wzbudzenia silnika.

Silniczek nawrotny w pierwszym układzie stosuje się w urządzeniach elektronowych (rys. 5). Uzwojenie pierwotne transformatora jest tu zasilane z układu elektronowego, odwracającego fazę napięcia doprowadzonego do transformatora. Prąd pobierany przez transformator z układu lampowego wynosi 20 mA.

Układ połączeń silniczka drugiego typu pokazuje rys. 6. Zmianę kierunku wirowania dokonywa się przez doprowadzenie napięcia na odpowiednią końcówkę transformatora. Wadą tego układu jest większy pobór mocy niż w układzie poprzednim. Zaletą natomiast jest dokonywanie zmiany kierunku wi-



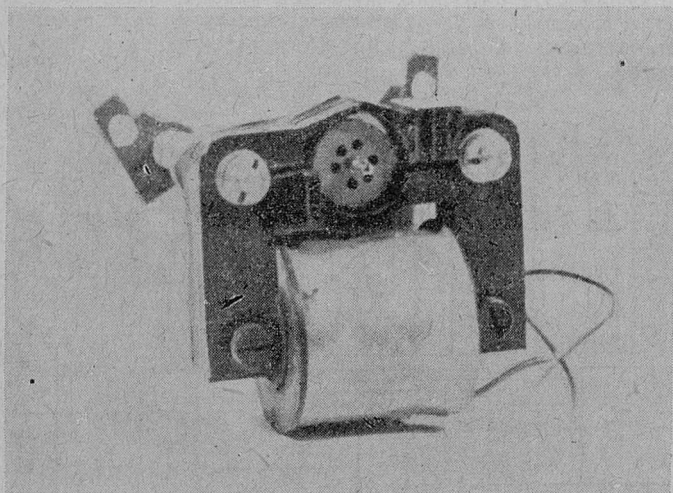
Rys. 6. Schemat silniczka nawrotnego sterowanego przez transformator

rowania silniczka przy pomocy dwóch styków, gdy w poprzednim układzie należy zastosować 4 styki.

4. Konstrukcja.

Zakład Elektroenergetyki Politechniki Wrocławskiej wykonuje obecnie dla budowanych w Zakładzie urządzeń do automatycznej regulacji dwa typy silniczków o prędkościach 3000 i 1500 obr./min.

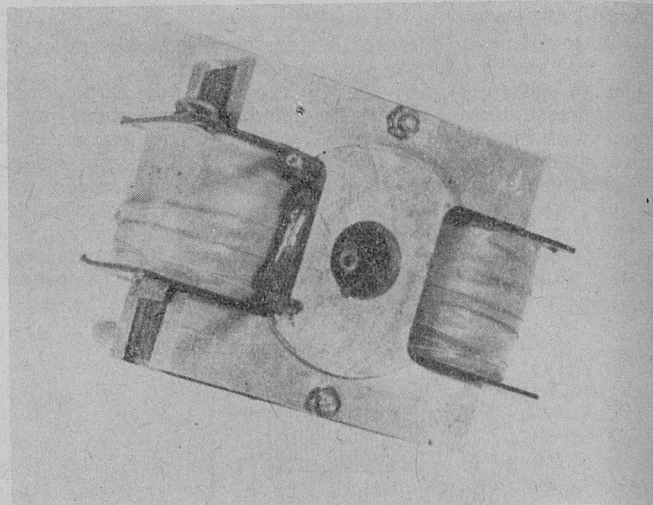
Wirnik silniczka o 3000 obr./min. jest umocowany bezpośrednio na wałku przekładni zwalniającej 1:1500; o wymiarach przekładni można zorientować się z rys. 7. Silniczek



Rys. 7. Silniczek histerezyowy o mocy $P = 12$ VA (wielkość naturalna)

o prędkości synchronicznej 1500 obr./min. (rys. 8) jest sprzęgnięty z przekładnią ślimakową 1:50.

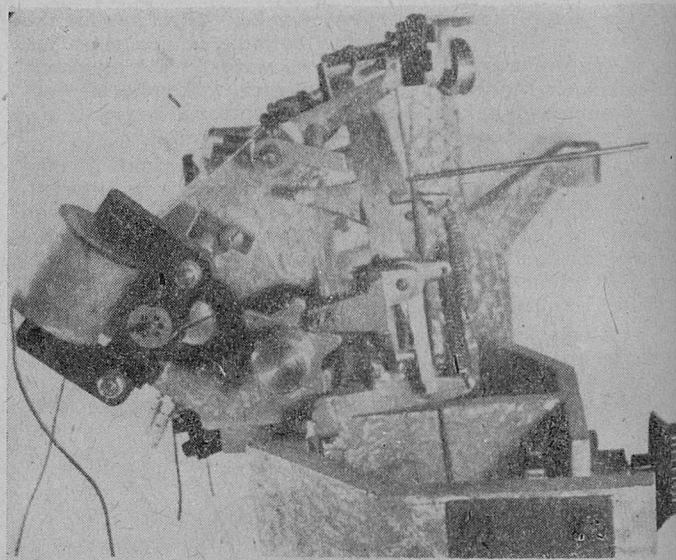
Silniczek wraz z regulatorem tworzy zwartą całość umieszczoną w szczelnej obudowie; przy eksploatacji nie wymaga praktycznie żadnego dozoru.



Rys. 8. Silniczek histerezyowy o mocy $P = 40$ VA (zmniejszenie 1:2,5)

Blizsze dane tych silniczków są następujące:

- 1) $P = 12$ VA: $U = 220/110$ V, $n = 2$ obr./min., $M = 3,5$ kGcm (na wyjściowym wałku przekładni);
- 2) $P = 40$ VA: $U = 220/110$ V, $n = 30$ obr./min., $M = 0,3$ kGcm.



Rys. 9. Silniczek histerezyowy napędzający krzywkę regulatora ciągu

5. Zastosowanie.

Opisane silniczki znajdują zastosowanie w następujących urządzeniach, opracowanych przez Zakład Elektroenergetyki Politechniki Wrocławskiej:

- 1) w regulatorach automatyki kotłowej (regulatory ciągu, podwiewu, węgla i wody itd.),
- 2) w regulatorach automatyki pieców martenowskich: a) w kompensatorach elektronowych, b) w kłosowym samopisie ciśnienia w komorze roboczej, c) w regulatorach obciążenia.

Rys. 9 przedstawia silniczek napędzający regulator ciągu.

LITERATURA

- Jaeschke H. E. Der Hysteresemotor
 Franck. Selbstanlaufende Synchron-Kleinmotoren (ETZ, 1937, 54)
 Grobe. Ein analytischer Ausdruck für die Hystereseschleife (ETZ, 1934)
 Domanski B. J. Wwiedzenie w awtomatiku i tielemiechaniku

Mgr inż. H. DZIATLIK
Centr. Biuro Stud. i Proj.
Budown. Wodn. „HYDROPROJEKT”

Model elektryczny rzeki

621.3.082.74:621.6+(282.2)

Treść. Obliczenia, dotyczące nieustalonego ruchu wody w otwartych łóżyskach, opierają się na rozwiązywaniu równań różniczkowych Saint-Venanta, lecz stosowane dotychczas metody całkowania — graficzne i analityczne — są żmudne lub niedokładne. Podany w artykule nowy sposób opiera się na stwierdzeniu, że równania ruchu wody w rzece i równania długiej linii elektrycznej o parametrach zmiennych mogą być doprowadzone do analogii zupełnej tak, że nawet najbardziej złożone przypadki nieustalonego ruchu wody w rzece mogą być badane analogicznie do stanów nieustalonych w długiej linii elektrycznej.

Электрическая модель реки. Расчеты, относящиеся к неуставившемуся движению воды в открытых водотоках, основаны на решении дифференциальных уравнений Сен-Венана, однако применяемые дотеперь графические и аналитические методы интегрирования уравнений весьма кропотливы либо неточны. Предлагаемый в статье новый метод основан на том, что уравнения движения воды в открытых водотоках и уравнения для длинной электрической линии передачи с непостоянными параметрами могут представлять полную аналогию так, что даже самые сложные случаи неуставившегося движения воды в реке можно исследовать аналогично переходным процессам в длинной электрической линии.

Electrical analogy of a river. The unsteady flow in open channels is an important and at the same time difficult problem of modern hydro-engineering. Elucidation of this problem depends on the solution of the Saint-Venant differential equations, but the various graphical and analytical integration methods hitherto practised are as a rule troublesome or inaccurate. The new method is based on the contention that equations for unsteady flow in open channels and equations for a long-distance electric transmission line with variable parameters can be made to be analogous in all respects, so much so that even the most complex cases of unsteady flow in rivers can be studied according to the transient phenomena in long-distance lines.

1. Wstęp.

Zespolona gospodarka wodna obejmuje cztery główne zadania: 1) zapobieganie katastrofom powodziowym, 2) wyzyskanie spadków wodnych do celów energetycznych, 3) wyzyskanie dróg wodnych dla żeglugi śródlądowej, 4) rozpraszanie wody na meliorację. Największe znaczenie gospodarcze mają niewątpliwie dwa pierwsze zagadnienia. Groźne powodzie, jak np. w Polsce w 1935 r. lub niedawno w Austrii i we Francji, pociągają za sobą nie tylko nieobliczalne skutki w zniszczeniu mienia i ofiarach ludzkich, lecz również wielkie straty energii, która przy opanowaniu żywiołu mogłaby zamiast zniszczeń dać pracę twórczą.

Nowoczesne budownictwo wodne może zapobiegać katastrofom i bezużytecznemu spływaniu mas wodnych do morza

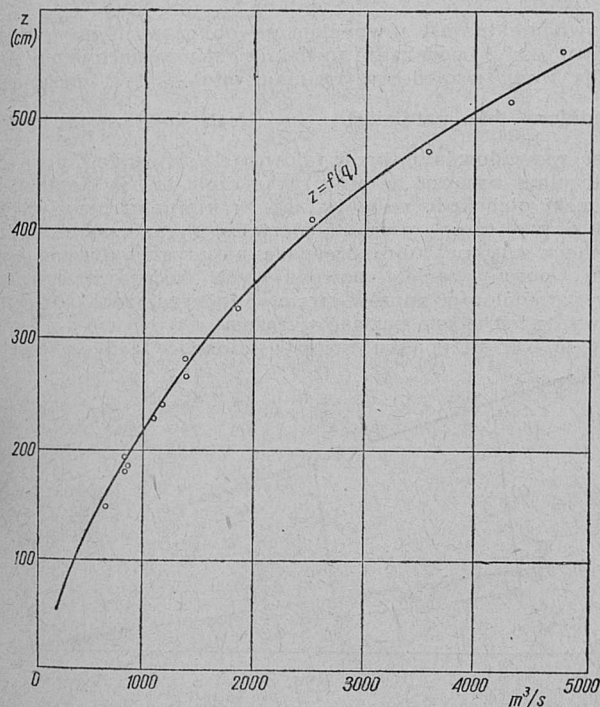
inżynierskiej. Jeszcze przed wojną nie zwracano dostatecznej uwagi na całokształt zadań gospodarki wodnej, czego dowodem mogą być dwie największe inwestycje Polski międzywojennej — Porąbka na Sole i Rożnów na Dunajcu, które są już niewystarczające z punktu widzenia nowoczesnego budownictwa wodnego.

Ujęcie całokształtu zagadnień wodnych wymaga traktowania całej rzeki i jej zlewni jako pewnej całości, w której ruch wody powinien odbywać się zgodnie z założeniami technicznymi i ekonomicznymi. Ruch wody w rzece, odbywający się pod wpływem ślepych sił przyrody czy też świadomej działalności człowieka, jest z reguły nieustalony i dlatego jednym z podstawowych zadań budownictwa wodnego jest dokładne zbadanie nieustalonego ruchu wody w otwartych łóżyskach we wszystkich ważniejszych okolicznościach, występujących w praktyce.

2. Zagadnienie nieustalonego ruchu wody w rzece.

Ruch wody w ogóle a już w szczególności ruch wody w otwartych łóżyskach jest zjawiskiem bardzo skomplikowanym. Ogólne równania hydrodynamiki klasycznej opisują ruch cieczy z całą ścisłością, lecz mogą być rozwiązywane tylko w najprostszych przypadkach uwarstwionego ruchu cieczy idealnej bez strat. Woda w rzece natomiast jest cieczą rzeczywistą, a jej ruch jest zawsze burzliwy, przy czym prędkości cząstek wody nieustannie zmieniają się w czasie i w przestrzeni tak, jak powstają wiry, przebiegające w różnych kierunkach, zanikające i znowu powstające itd. powodując stałe rozpraszanie znacznej części energii spadku.

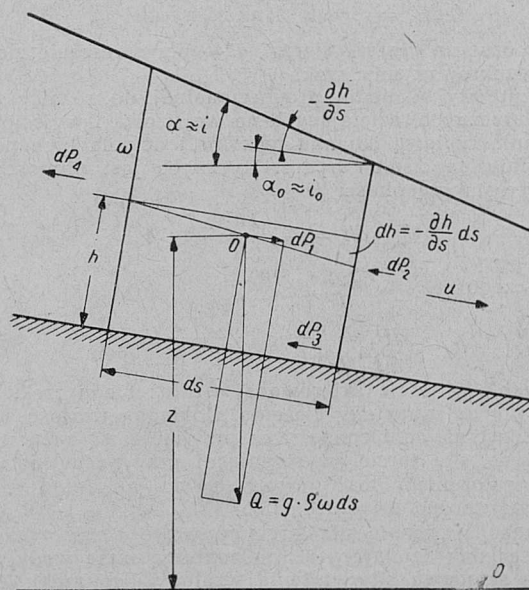
Wszelchstronna analiza nieustalonego ruchu wody w rzece miałaby niewątpliwie doniosłe znaczenie w nauce i technice,



Rys. 1. Krzywa przepływu Wisły pod Warszawą w 1948 r.

przez racjonalne rozbitcie rzeki na stopnie wodne, spiętrzenie wody w zbiornikach odpowiedniej pojemności i zdolności powstrzymującej (retencji) oraz instalowanie turbin o najkorzystniejszym przeliku. Ponieważ każda większa inwestycja budownictwa wodnego jest bardzo kosztowna i odpowiedzialna, konieczne jest dokładne zbadanie tylu wariantów, żeby było możliwe powzięcie najwłaściwszej decyzji co do rozmiarów, rozmieszczenia i kolejności budowy urządzeń hydrotechnicznych. Znaleźcie rozwiązania najkorzystniejszych jest niezwykle ważne, gdyż zbyt małe zbiorniki nie zapobiegną katastrofom i stratom energii wodnej, zbyt duże zaś nie będą należycie wykorzystane. W obu przypadkach niewłaściwa inwestycja wodna będzie lekkomyślnym zmarnowaniem twórczej pracy człowieka i dóbr materialnych.

Głębsze zrozumienie spłotu zagadnień zespolonej gospodarki wodnej jest stosunkowo niedawnym osiągnięciem myśli



Rys. 2

ale dzisiejszy stan wiedzy nie daje tej możliwości i ogranicza całą sprawę do schematycznego zagadnienia jednowymiarowego. Schematyzacja polega na tym, że przyjmujemy idealne łóżysko prostoliniowe zamiast rzeczywistej rzeki o licznych

zakrętach i zakładamy jedną prędkość średnią dla każdego czynnego przekroju poprzecznego rzeki zamiast rzeczywistego pola prędkości oraz traktujemy wszystkie parametry rzeki jako jednoznaczne funkcje tylko dwóch zmiennych niezależnych: odległości od obranego punktu początkowego i czasu liczonego od obranej chwili początkowej. Jako parametry można przyjąć w zależności od potrzeby: pole przekroju czynnego, średnią prędkość, głębokość lub najczęściej — stan wody (rzędną zwierciadła wody) i przepływ.

Możliwość traktowania zagadnienia w sposób jednowymiarowy wynika z wieloletniej praktyki hydrometrycznej. Jeżeli dla danego przekroju rzeki wyznaczmy drogą pomiarów dwa parametry, np. stan wody i przepływ, i wykreślimy krzywą ich wzajemnej zależności (tak zwaną krzywą konsumpcyjną lub krzywą przepływu, rys. 1), to przy ustalonym lub powoli zmieniającym się ruchu wody zarówno podczas przyboru, jak i podczas opadania wody, otrzymamy zawsze tę samą krzywą, co dowodzi, że związek między stanem wody i przepływem jest z dobrym przybliżeniem jednoznaczny dla danego odcinka rzeki, dopóki koryto nie ulegnie znacznieszym zmianom wskutek deformacji brzegów lub nagromadzenia osadów [2].

Matematyczny opis nieustalonego ruchu wody w ujęciu jednowymiarowym dają podstawowe równania Saint-Venanta z roku 1871, które jeszcze w chwili obecnej najlepiej odtwarzają zależności dynamiczne i kinematyczne.

3. Podstawowe równania ruchu wody w rzece.

a) Zależności dynamiczne ruchu nieustalonego. W celu wyprowadzenia równania ujmującego te zależności rozpatrujemy ruchomą masę wody zawartą między dwoma przekrojami odległymi od siebie o długość ds (rys. 2). Zgodnie z zasadą d'Alemberta siły zewnętrzne działające na tę masę są w równowadze z siłami dynamicznymi bezwładności. Rzutując wszystkie siły na kierunek biegu rzeki s , równoległy do dna (i do powierzchni wody przy ruchu ustalonym), otrzymamy składową wypadkową równą zeru. Zwracamy od razu uwagę, że kąt nachylenia α kierunku s do poziomu jest tak mały, że zamiast α lub $\sin \alpha$ możemy przyjmować $\tan \alpha$, czyli spadek jednostkowy, który dla rzek nizinnych jest wielkością rzędu kilku dziesiątych procentu. Zgodnie z przyjętym w hydrotechnice zwyczajem spadek jednostkowy powierzchni wody oznaczamy przez i , spadek dna przez i_0 , natomiast spadek proporcjonalny do całkowitej energii rozproszenia przez i_r . Przy ruchu ustalonym i równomiernym $i = i_0 = i_r$.

Rzutując na kierunek s siły, działające na elementarny odcinek rzeki ds , otrzymamy [2] cztery interesujące tu nas rzuty.

1) Rzut siły ciężenia proporcjonalnej do masy cięży, która jest zawarta w objętości odcinka elementarnego:

$$dP_1 = \rho g \omega ds \cdot \sin \alpha \approx \rho g \omega ds \cdot i_0,$$

gdzie ρ oznacza gęstość cieczy, g — przyspieszenie ziemskie, ω — przekrój czynny rzeki.

2) Rzut siły ciśnienia proporcjonalnej do różnicy ciśnień hydrostatycznych, działających na wejściową i wyjściową powierzchnię czołową odcinka rzeki ds , i do pola tych powierzchni. Różnica ciśnień hydrostatycznych jest proporcjonalna do przyrostu głębokości

$$dh = - \frac{\partial h}{\partial s} \cdot ds,$$

wobec czego

$$dP_2 = - \rho g \omega \cdot \frac{\partial h}{\partial s} \cdot ds.$$

3) Rzut siły tarcia skierowanej wzdłuż biegu rzeki s , lecz przeciwnie do rzutu siły ciężenia. Dokładna wartość siły tarcia nie jest na ogół znana, lecz przyjmuje się zazwyczaj, że jest równa sile tarcia, występującej przy ruchu ustalonym, co jest założeniem dość dowolnym, ale jak dotąd jedynym, na którym można się oprzeć [3].

W ruchu ustalonym siła tarcia równoważy całkowicie jedyną siłę czynną działającą na elementarną masę wody, a mianowicie składową siły ciężenia wzdłuż biegu rzeki. Zgodnie z założeniem Newtona przyjmujemy, że siła tarcia jest proporcjonalna do kwadratu prędkości. Mamy więc zależność $\rho \cdot g \cdot \omega \cdot ds \cdot i_r = k' \cdot u^2$, gdzie prędkość u możemy określić ze znanego wzoru Chézy $u = k \sqrt{a \cdot i_r}$, w którym k jest współczynnikiem o wymiarze $\sqrt{g}$, a zaś jest tak zwanym promieniem hydraulicznym zależnym od kształtu koryta, przy czym w przy-

padku koryta rzeki przyjmujemy, że promień hydrauliczny jest równy średniej głębokości h określonej jako stosunek zwilżonego przekroju do zwilżonego obwodu koryta. Z dwóch przytoczonych równań określamy wartość współczynnika $k' = \frac{\rho g \omega ds}{k^2 a}$ i jako siłę tarcia przy ruchu nieustalonym przyjmujemy

$$dP_3 = - \frac{\rho \cdot g \cdot \omega \cdot ds}{k^2 \cdot a} \cdot u^2.$$

4) Rzut siły bezwładności zgodnie z zasadą d'Alemberta wynosi:

$$dP_4 = - \rho \cdot \omega \cdot ds \cdot \frac{du}{dt}.$$

Suma wszystkich rzutów sił na oś s powinna być równa zeru:

$$\rho \cdot g \cdot \omega \cdot ds \cdot i_0 - \rho \cdot \omega \cdot g \cdot \frac{\partial h}{\partial s} \cdot ds - \frac{\rho \cdot g \cdot \omega \cdot ds}{k^2 \cdot a} u^2 - \rho \cdot \omega \cdot ds \cdot \frac{du}{dt} = 0.$$

Po skróceniu przez wspólny czynnik $\rho \cdot g \cdot \omega \cdot ds$ i podstawieniu

$$\frac{du}{dt} = \frac{\partial u}{\partial s} \cdot \frac{ds}{dt} + \frac{\partial u}{\partial t} = u \frac{\partial u}{\partial s} + \frac{\partial u}{\partial t}$$

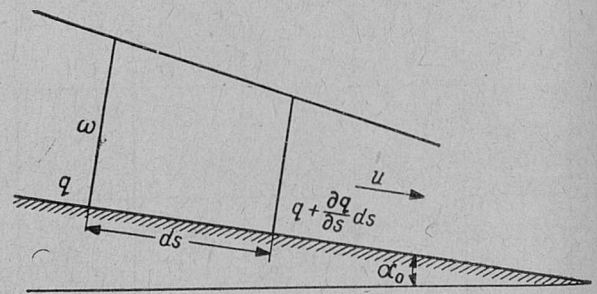
otrzymujemy równanie dynamiczne nieustalonego ruchu wody w rzece:

$$(1) \quad i_0 - \frac{\partial h}{\partial s} = \frac{u^2}{k^2 a} + \frac{1}{g} \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{1}{g} u \frac{\partial u}{\partial s}.$$

Równanie to jest równaniem sił obliczonych na jednostkę ciężaru wody. Lewa część równania oznacza nachylenie zwierciadła wody względem poziomu, gdyż i_0 jest nachyleniem (spadkiem) dna, natomiast $-\frac{\partial h}{\partial s}$ jest dodatkowym nachyleniem,

spowodowanym przez falowanie powierzchni, przy czym znak minus oznacza, że przy ruchu czoła fali w kierunku biegu rzeki głębokość rzeki wzrasta w kierunku przeciwnym.

W prawej części równania pierwszy wyraz oznacza tę część ogólnego spadku, która przypada na przewyższenie wszelkich oporów ruchu, powodujących rozproszenie energii, a w szczególności oporów tarcia w łóżysku rzeki, wobec czego wyraz ten można nazwać wyrazem rozproszenia w y m. W przypadku ruchu ustalonego kiedy $u = \text{const}$



Rys. 3

i $h = \text{const}$ z równania dynamicznego (1) otrzymujemy znany wzór Chézy'ego:

$$i_r = \frac{u^2}{k^2 a}.$$

Dwa pozostałe wyrazy równania dynamicznego oznaczają część spadku straconą na zwiększenie prędkości w rozważanym przekroju (wyraz $\frac{1}{g} \cdot \frac{\partial u}{\partial t}$) i na zwiększenie prędkości w

dy wzdłuż biegu rzeki (wyraz $\frac{1}{g} u \frac{\partial u}{\partial s}$). Są to tzw. wyrazy bezwładnościowe.

Na podstawie obliczeń i pomiarów stanów powodziowych w konkretnych przypadkach rzek nizinnych i górskich stwierdzono, że wartość liczbową członów bezwładnościowych spotykanych w praktyce w większości przypadków, prawdopodobnie nie przekracza kilku procentów [3, 4]. Dlatego też

w rozwiązaniach przybliżonych wyrazy bezwzględnościowe równania dynamicznego są najczęściej pomijane, jednak za cenę skażenia obrazu zjawiska pod względem nie tylko ilościowym, ale i jakościowym, ztraca się bowiem ruch falowy.

W związku z równaniem dynamicznym należy zaznaczyć, że współczynnik k w wyrazie rozproszeniowym $\frac{u^2}{k^2 a}$ nie jest wielkością stałą, lecz funkcją głębokości h . W celu zmniejszenia liczby zmiennych w równaniu niektórzy autorzy [3] korzystają ze wzoru empirycznego Manninga

$$u = \frac{h^{1/6}}{n} \sqrt{hi},$$

gdzie n oznacza współczynnik chropowatości koryta. Po podstawieniu w równaniu dynamicznym $k = \frac{h^{1/6}}{n}$ oraz $a = h$ i uwzględnieniu jeszcze tzw. współczynnika nierównomierności pola prędkości $\alpha \approx 1,1$ równanie (1) przybiera postać następującą:

$$(1') \quad i - \frac{\partial h}{\partial s} = \frac{n^2 u^2}{h^{4/3}} + \frac{1}{g} \left(\frac{\partial u}{\partial t} + \alpha u \frac{\partial u}{\partial s} \right).$$

b) Podstawową zależność kinematyczną ruchu wody stanowi równanie ciągłości, które możemy łatwo wyprowadzić sporządzając bilans wody dla odcinka rzeki ds (rys. 3). Niech q oznacza przepływ wody na początku odcinka ds ; wówczas na końcu tego odcinka przepływ wyniesie $q + \frac{\partial q}{\partial s} ds$. W czasie dt objętość v wody na odcinku ds wzrośnie o wielkość

$$dv = \left[q - \left(q + \frac{\partial q}{\partial s} ds \right) \right] dt = - \frac{\partial q}{\partial s} ds \cdot dt.$$

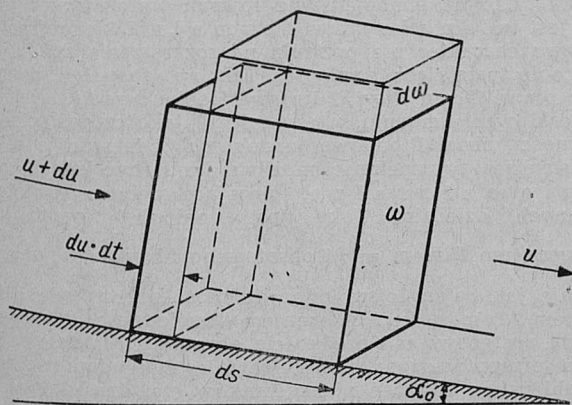
Na skutek przyrostu objętości wody na odcinku ds wzrośnie przekrój czynny ω . Ponieważ przekrój czynny jest funkcją czasu, więc w czasie dt przyrost przekroju wyniesie $\frac{\partial \omega}{\partial t} dt$, a przyrost objętości na odcinku ds :

$$dv = \frac{\partial \omega}{\partial t} dt \cdot ds.$$

Przyrównując obydwa wyrażenia dv i skracając przez $ds \cdot dt$ otrzymujemy ostatecznie równanie ciągłości:

$$(2) \quad \frac{\partial q}{\partial s} + \frac{\partial \omega}{\partial t} = 0.$$

Równanie to przedstawia zależność pomiędzy przepływem i przekrojem rzeki bez dopływów bocznych. W razie potrzeby uwzględnienia dopływów, które można wyrazić dodatkową



Rys. 4

objętością e na jednostkę długości rzeki i na jednostkę czasu, równanie powyższe będzie miało postać:

$$(2') \quad \frac{\partial q}{\partial s} + \frac{\partial \omega}{\partial t} = e.$$

Równanie ciągłości stanowi ważną zależność pomiędzy wielkościami hydraulicznymi i przy rozwiązywaniu wszelkich za-

gadnień dotyczących jednowymiarowego ruchu wody powinno być dokładnie spełnione.

Wielkości występujące w równaniach ruchu są związane jeszcze następującymi zależnościami:

$$(3) \quad q = u\omega,$$

$$(4) \quad \omega = f(h).$$

Układ czterech równań (1, 2, 3, 4), zawierający cztery niewiadome q , h , ω , u , jest układem pełnym i w zasadzie jest rozwiązalny, przy czym możemy spodziewać się jednoznaczności rozwiązania w postaci funkcji $q = f_1(s, t)$, $h = f_2(s, t)$ itd. W rzeczywistości jednak rozwiązanie tych równań w postaci wyraźnych funkcji argumentów s , t nie jest możliwe, znane są natomiast różne przybliżone metody rozwiązywania równań, uproszczonych drogą mniej lub więcej uzasadnionych założeń co do samych funkcji, jak i co do warunków początkowych i brzegowych.

4. Przekształcanie równań Saint-Venanta.

Równanie dynamiczne Saint-Venanta w postaci spotykanej zazwyczaj w literaturze zawiera jako niewiadomą prędkość u . Zdaniem autora równanie to można sprowadzić do prostszej postaci, jeżeli przyjąć jako niewiadomą przepływ q . Zamiana zmiennych da jeszcze tę korzyść, że układ czterech równań zredukuje się do trzech.

Wyprowadzanie równania dynamicznego opiera się na powziętym z góry założeniu ruchu jednowymiarowego wzdłuż linii s . Założenie takie jest równoznaczne z przyjęciem, że prędkość u i przyspieszenie $\frac{du}{dt}$ są styczne do tej linii. Brak

w tym równaniu przyspieszenia w kierunku prostopadłym do s oznacza, że równanie nie uwzględnia ruchu cieczy w kierunku głębokości h . Przyczyną takiego ruchu mogłaby być tylko siła reakcji podłoża czyli dna rzeki, jednak uwzględnienie tej nieznannej reszty siły wymagałoby ułożenia nowego równania, co skomplikowałoby układ równań i zamieniłoby zagadnienie jednowymiarowe na dwuwymiarowe.

W układzie równań Saint-Venanta nie ma drugiego równania dynamicznego (rzutów sił na kierunek prostopadły do s), lecz zostało ono zastąpione przez równanie kinematyczne ciągłości, które oznacza, że wszelka zmiana przepływu q , a więc pośrednio i prędkości u (gdyż $q = u\omega$) wzdłuż drogi s pociąga za sobą zmianę przekroju ω . Skoro jednak zmiana przekroju w nieodkształcalnym łożysku musi wywołać zmianę wysokości, to ostatecznie równanie ciągłości wiąże przyrost prędkości wzdłuż drogi s z prędkością ruchu środka masy w kierunku prostopadłym do s .

Na tle powyższych rozważań staje się jasne, że w równaniu dynamicznym przyjęto milcząco założenie $\omega = \text{const}$. Konsekwencją tego założenia jest to, że wprowadzając do równania dynamicznego zmienną q zamiast u możemy zamiast różniczki zupełnej

$$dq = u d\omega + \omega du$$

przyjąć różniczkę cząstkową

$$\frac{\partial q}{\partial t} dt = \omega du,$$

skąd wynika od razu zależność

$$\frac{du}{dt} = \frac{1}{\omega} \frac{\partial q}{\partial t}.$$

Słuszność powyższego wniosku potwierdzają jeszcze następujące rozważania kinematyczne (rys. 4). Z masy poruszającej się cieczy wydzielamy słup o podstawie prostokątnej, której bok równoległy do kierunku ruchu oznaczamy przez ds , a powierzchnię czołową przez ω . Ponieważ ruch jest jednostajny, ciśnienia cieczy na ścianki czołowe słupa nie są jednakowe. Pod wpływem różnicy ciśnień słup ulega odkształceniu — ściśnięciu lub rozciągnięciu, zachowując przy tym swą objętość, gdyż ciecz jest nieściśliwa. Wysokość słupa, jak również jego powierzchnia czołowa zwiększają się lub zmniejszają.

Prędkość wzajemnego zbliżania się (lub oddalania się) ścianek czołowych wynosi $(u + du) - u = du$. Ubytek objętości słupa w kierunku poziomym powinien być równy przyrostowi objętości w kierunku pionowym, a więc pomijając wielkości nieskończenie małe wyższego rzędu możemy napisać równanie

$$u d\omega = \omega du.$$

Przyrosty prędkości u na drodze s i przekroju, ω w czasie t możemy wyrazić przez różniczki:

$$du = u - \left(u + \frac{\partial u}{\partial s} ds \right) = - \frac{\partial u}{\partial s} ds,$$

$$d\omega = \omega - \left(\omega + \frac{\partial \omega}{\partial t} dt \right) = - \frac{\partial \omega}{\partial t} dt.$$

Po podstawieniu tych wartości do równania przyrostów objętości otrzymujemy:

$$u \frac{\partial \omega}{\partial t} dt = \omega \frac{\partial u}{\partial s} ds,$$

albo po skróceniu przez $udt = ds$

$$\frac{1}{\omega} \frac{\partial \omega}{\partial t} = \frac{\partial u}{\partial s}.$$

Obydwa wyrazy bezwzględnościowe równania dynamicznego przekształcamy w sposób następujący:

$$\frac{1}{g} \left(\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial s} \right) = \frac{1}{g} \left(\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{u}{\omega} \frac{\partial \omega}{\partial t} \right) = \frac{1}{g \omega} \left(\omega \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial \omega}{\partial t} \right).$$

Wyrażenie w ostatnim nawiasie jest pochodną cząstkową przepływu $q = u\omega$, ostatecznie więc otrzymujemy na innej drodze ten sam wynik co przed tym:

$$\frac{1}{g} \left(\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial s} \right) = \frac{1}{g \omega} \frac{\partial q}{\partial t}.$$

Równaniu ciągłości możemy również nadać inną postać, jeżeli uwzględnimy, że przekrój ω jest jednoznaczna funkcją głębokości h [3]:

$$\frac{\partial q}{\partial s} + \frac{\partial \omega}{\partial t} = \frac{\partial q}{\partial s} + \frac{d\omega}{dh} \cdot \frac{\partial h}{\partial s} = 0.$$

Zauważmy ponadto, że

$$\frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial (z - z_0)}{\partial t} = \frac{\partial z}{\partial t},$$

gdyż rzędna dna z_0 nie zmienia się w czasie.

Ostatecznie po wskazaniu wyżej przekształcenia równań Saint-Venanta otrzymamy zamiast układu czterech równań (1, 2, 3, 4) nowy równoważny układ trzech równań:

$$(5) \quad - \frac{\partial z}{\partial s} = \frac{1}{k^2 a \omega^2} q^2 + \frac{1}{g \omega} \frac{\partial q}{\partial t},$$

$$(6) \quad - \frac{\partial q}{\partial s} = \frac{d\omega}{dh} \cdot \frac{\partial z}{\partial t},$$

$$(7) \quad z = f(\omega).$$

5. Sposoby rozwiązywania równań ruchu cieczy.

Dzisiejszy stan wiedzy pozwala na dwa zasadniczo różne sposoby rozwiązywania równań różniczkowych ruchu wody: bezpośredni, obejmujący wszelkie metody matematyczne, i pośredni, oparty na badaniu wielkości hydrodynamicznych na modelu, odtwarzającym te wielkości na innych analogicznych wielkościach fizycznych.

Liczne metody matematyczne opracowane przez różnych autorów można sprowadzić do dwóch grup zasadniczych: a) metody charakterystyk, b) metody stanów chwilowych.

Pierwsza z tych metod opiera się na tym, że równania hydrodynamiczne jako równania typu hiperbolicznego mają dwie różne rodziny charakterystyk rzeczywistych, tak iż przy całkowaniu równań różniczkowych można je zastąpić w przybliżeniu równaniami charakterystyk. Druga metoda polega na zastąpieniu równań różniczkowych układami równań różnicowych i rozwiązywaniu tych układów dla różnych wartości czasu $t = \text{const}$.

Obydwe metody są doprowadzone obecnie do wysokiego stopnia doskonałości, ale tylko przy takich założeniach upraszczających, jak pominięcie wyrazów bezwzględnościowych, pominięcie tarcia, przyjęcie pryzmatycznego kształtu koryta itd., wyniki obliczeń mogą więc znacznie różnić się od wyników obserwacji, a najczęściej można je traktować tylko jako dane orientacyjne. Przy większej dokładności metody te wymagają tak wielkiego nakładu pracy rachunkowej i wykreślanej, że praktycznie mogą być zastosowane tylko do nielicznych wariantów, które bynajmniej nie wyczerpują całości zagadnienia [2, 3, 4].

Trudności matematyczne przy rozwiązywaniu równań różniczkowych skłaniają do szukania rozwiązań na drodze mo-

delowania. Najstarszym sposobem modelowania jest modelowanie hydrotechniczne. Budowa wodnego modelu rzeki jest jednak przedsięwzięciem bardzo trudnym i kosztownym, gdyż modele muszą być wykonywane w stosunkowo dużej skali (przynajmniej 1:2000 w rzucie poziomym), aby otrzymać wyniki badań zbliżone do rzeczywistości, w małych bowiem modelach uwydatnia się zbyt silnie wpływ sił kapilarnych w porównaniu z wpływem sił grawitacyjnych i sił tarcia, co powoduje skażenie obrazu dynamiki ruchu cieczy w korytach naturalnych. W ogóle można twierdzić, że zbudowanie wodnego modelu przy użyciu tej samej cieczy w modelu, co w obiekcie, jest zasadniczo niemożliwe, gdyż niemożliwe jest równoczesne osiągnięcie koniecznej dla pełnego podobień-

stwa równości liczb Reynoldsa $Re = \frac{v l}{\nu}$ i Frouda $Fr = \frac{v}{\sqrt{gl}}$.

Badanie na modelu wodnym zjawisk fali powodziowej jest szczególnie trudne i niepewne, a nawet zalewy należy brać z modelu z wielką ostrożnością. Największą jednak wadą modeli wodnych jest trudność pomiarów badanych parametrów, przez co modele te, na ogół biorąc, nie dają rozwiązań liczbowych, lecz pozwalają tylko na jakościową analizę zjawisk [5].

Niewątpliwie najlepszym w chwili obecnej sposobem badania nieustalonego ruchu wody w rzece może być tylko modelowanie elektryczne, które już z powodzeniem znajduje zastosowanie w wielu dziedzinach techniki.

W użyciu praktycznym są już od przeszło dziesięciu lat uniwersalne integratory elektryczne („mózgi elektronowe”), pozwalające na rozwiązywanie równań różniczkowych różnych typów w sposób szybki i dokładny. Ponieważ jednak integratory uniwersalne są niezwykle kosztowne, gdyż zawierają niekiedy dziesiątki tysięcy lamp katodowych, oporników, kondensatorów i cewek, coraz liczniejsze są przykłady budowania modeli elektrycznych przeznaczonych tylko do badania specjalnych zagadnień, jak np. analizator sieciowy do badania stanów nieustalonych w sieciach energetycznych [7], modele elektryczne do obliczeń sieci ogrzewniczych i wentylacyjnych [8], modele do rozwiązywania zagadnień rozrząd- czych w gospodarce energetycznej [9], modele do obliczania momentów i naprężeń w kratownicach, modele elektroakustyczne i wiele innych [10, 11]. Przeważnie jednak znane modele elektryczne traktują zagadnienie w sposób statyczny, tzn. podają rozwiązanie zagadnienia dla parametrów skupio- nych i stanów ustalonych. Tego rodzaju modele są w sensie matematycznym maszynami do rozwiązywania układów równań zwykłych liniowych albo nieliniowych lub też równań różniczkowych zwykłych. Przedmiotem natomiast niniejszej pracy jest model elektryczny, w którym zagadnienie jest ujęte w sposób dynamiczny, gdyż model odtwarza zmienność parametrów w przestrzeni i w czasie, a w sensie matematycznym jest maszyną do rozwiązywania układu równań różniczkowych o pochodnych cząstkowych.

6. Podobieństwo praw fizycznych.

Analogia praw rządzących różnymi zjawiskami może być oparta tylko na podobieństwie równań wyrażających te prawa; jest to *analogia formalna*, której powierzchowny charakter nie pozwala na rozszerzenie analizy poza równanie ustalające analogię. Tak np. formalne podobieństwo prawa Ohma $U = RI$ i prawa Hooke'a $\sigma = E\varepsilon$ nie pozwala na traktowanie modułu sprężystości E jako czegoś w rodzaju oporności, chociaż budowa modelu na podstawie tego podobieństwa jest w zupełności możliwa. Mogą być jednak *analogie naturalne*, sięgające głęboko w istotę obu badanych dziedzin. Taką jest analogia równań ruchu

postępowego $F = m \frac{d\omega}{dt}$ i obrotowego $M = J \frac{d\omega}{dt}$, gdzie wy-

stępuje jak najściślejsza odpowiedniość między siłą F i momentem M , masą m i momentem bezwładności J oraz prędkością postępową u i prędkością obrotową ω . Analogia naturalna przeprowadzona konsekwentnie musi doprowadzić do podobieństwa wyrażań niezmienników obu dziedzin. W przy-

toczonym przykładzie wyrażenia na energię kinetyczną ruchu

postępowego i obrotowego są identyczne $\left(W = \frac{mv^2}{2} \text{ oraz } W = \frac{J\omega^2}{2} \right)$.

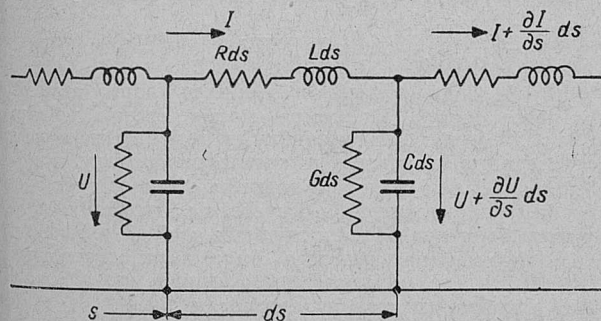
Stwierdzenie podobieństwa pewnych zjawisk w dwóch dziedzinach, z których jedna jest lepiej poznana niż druga, może zachęcić do szukania analogii również między innymi zjawiskami obu dziedzin. Takie rozszerzenie podobieństwa poza-

pierwotnie przyjęte ramy może zaprowadzić na manowce, ale może również przyczynić się do lepszego poznania dziedziny mniej zbadanej. Wymownym przykładem płodnej analogii jest odkrycie przez Maxwella fal elektromagnetycznych na podstawie podobieństwa zjawisk elektrycznych do zjawisk mechanicznych. W dzisiejszych czasach jednak poznanie zjawisk elektrycznych jest tak głębokie, że bieg badań jest odwrotny i poszukujemy raczej analogii między dziedziną badaną a dziedziną elektryczności. Elektrotechnika zawdzięcza swój wspólny rozwój między innymi temu, że zjawiska elektryczne są nadzwyczaj podatne do ścisłej analizy matematycznej i mogą być przewidywane z góry na podstawie obliczeń z dowolną wymaganą dokładnością. Wielkości elektryczne występujące w zaprojektowanych urządzeniach mogą być łatwo i dokładnie zmierzone dla sprawdzenia obliczeń teoretycznych, tak iż stale jest zachowana ścisła zgodność między teorią a doświadczeniem. Włączenie amperomierza do obwodu elektrycznego jest sprawą o wiele łatwiejszą niż włączenie przepływomierza do rurociągu.

Przedmiotem badań elektrotechniki są przede wszystkim obwody i pola, a dzięki łatwości poddania obwodów i pól elektrycznych i magnetycznych ścisłej analizie matematycznej, badania te osiągnęły w chwili obecnej wysoki stopień doskonałości. Znaczna liczba zagadnień technicznych to również zagadnienia pól i obwodów, jak np. pola prędkości w hydrodynamice i aerodynamice, obwody pary w ciepłowni itd. W obwodach tych zachodzą różne przemiany energetyczne podobnie, jak w obwodach elektrycznych. Obwody energetyczne spotykane w technice mogą być zamknięte, jak w turbinach parowych, lub otwarte, jak w turbinach wodnych, na ogół jednak można powiedzieć z dużą dozą słuszności, że przeważa typ obwodów zamkniętych, gdyż często można znaleźć niedostrzegalne na pierwszy rzut oka ogniwo zamykające obwód pozornie otwarty. Np. w przypadku turbin wodnych ogniwo pominięte jest atmosfera, w której woda wypływająca z turbin zostaje z powrotem przeniesiona w górę kosztem energii słonecznej. Rzekę płynącą w swym łóżysku można również traktować jako obwód energetyczny.

7. Podobieństwo równań elektrotechniki i hydrotechniki.

Celem niniejszej pracy jest wykazanie formalnego i naturalnego podobieństwa między ruchem wody w rzece a przepływem prądu w długiej linii elektrycznej. Ponieważ w dalszym ciągu opisu zachodzić będzie stała potrzeba porównywania między sobą wielkości hydraulicznych i elektrycznych przyjmujemy zasadę, że wszystkie wielkości elektryczne będziemy oznaczać wielkimi literami, wielkości zaś hydrauliczne — małymi. Zasada ta pozwoli zachować oznaczenia litero-



Rys. 5

we ogólnie przyjęte w elektrotechnice i hydrotechnice bez obawy gmatwaniny przy porównywaniu równań i wzorów branych z różnych dziedzin. Oczywiście, w takim systemie oznaczeń użycie tej samej litery — wielkiej i małej — na oznaczenie wielkości elektrycznej i hydraulicznej na ogół nie przesądza o podobieństwie tych wielkości. Tak np. Q oznaczać będzie ładunek elektryczny, q — przepływ wody, I — prąd elektryczny, i — spadek jednostkowy, U — napięcie, u — prędkość itd.

Równania długiej linii elektrycznej o oporności R , indukcyjności L , pojemności C i upływności G (liczonych na jednostkę długości linii) są następujące:

$$(8) \quad -\frac{\partial U}{\partial s} = RI + L \frac{\partial I}{\partial t},$$

$$(9) \quad -\frac{\partial I}{\partial s} = GU + C \frac{\partial U}{\partial t}.$$

Parametry R , L , G , C mogą być stałe lub zmienne. Ponieważ w literaturze elektrotechnicznej sprawa zmienności parametrów bywa pomijana, jako nie mająca przeważnie większego znaczenia praktycznego, dla analogii hydroelektrycznej zaś jest sprawą istotną, zwróćmy uwagę na sposób wyprowadzania równań linii długiej.

Pierwsze równanie otrzymujemy stosując do elementarnego obwodu odcinka ds linii długiej (rys. 5) drugie prawo Kirchhoffa. Na początku odcinka ds działa napięcie U , na końcu napięcie $U + \frac{\partial U}{\partial s} ds$. Przyjmujemy, że prąd I w linii zachowuje tę samą wartość na całym odcinku ds (lub ściślej mówiąc zmienia się wzdłuż odcinka o wartość nieskończenie małą wyższego rzędu niż ds). Podczas przepływu prądu występuje spadek napięcia czynny $Rds \cdot I$ oraz spadek napięcia indukcyjny — $\frac{\partial}{\partial t} (\Phi ds)$, gdzie Φds oznacza strumień magnetyczny skojarzony z elementarnym obwodem. Możemy ułożyć równanie:

$$U - \left(U + \frac{\partial U}{\partial s} ds \right) = Rds \cdot I + \frac{\partial}{\partial t} (\Phi ds),$$

z którego po skróceniu przez ds otrzymujemy

$$-\frac{\partial U}{\partial s} = RI + \frac{\partial \Phi}{\partial t}.$$

Ponieważ strumień jednostkowy Φ jest jednoznaczna funkcją prądu, możemy napisać:

$$-\frac{\partial U}{\partial s} = RI + \frac{d\Phi}{dI} \cdot \frac{\partial I}{\partial t}.$$

Wielkość $\frac{d\Phi}{dI}$ określamy jako jednostkową indukcyjność dynamiczną $L(I)$, będącą jakąś funkcją prądu. Również i wielkość R , co do której nie robiliśmy żadnych założeń, może być opornością nieliniową $R(I)$. Ostatecznie otrzymamy zupełnie ogólne równanie linii długiej

$$-\frac{\partial U}{\partial s} = R(I) \cdot I + L(I) \cdot \frac{\partial I}{\partial t}.$$

W podobny sposób otrzymamy na podstawie pierwszego prawa Kirchhoffa, wprowadzając pojęcia jednostkowej pojemności dynamicznej $C(U)$ oraz upływności nieliniowej $G(U)$, drugie ogólne równanie

$$-\frac{\partial I}{\partial s} = G(U) \cdot U + C(U) \frac{\partial U}{\partial t}.$$

Do rozważań przyjmujemy rzekę lub kanał bez strat wody w czasie jej biegu wzdłuż koryta. Odpowiednikiem takiej rzeki lub kanału będzie linia elektryczna bez upływności, zakładamy więc $G = 0$. W tym przypadku drugie równanie przybiera postać:

$$(9') \quad -\frac{\partial I}{\partial s} = C \frac{\partial U}{\partial t}.$$

Tu od razu uwydatnia się podobieństwo tego równania do równania ciągłości Saint-Venanta dla kanału o przekroju prostokątnym, w którym wysokość przekroju zwilżonego wynosi h , szerokość stała b :

$$-\frac{\partial q}{\partial s} = b \frac{\partial h}{\partial t}.$$

Dla ustalenia pełnej analogii obu układów równań wziętych z dziedziny elektrotechniki i hydrotechniki należy przede wszystkim ustalić odpowiedniki hydrotechniczne wielkości elektrycznych U , I , R , L , C .

8. Odpowiedniki hydrotechniczne napięcia i natężenia prądu elektrycznego.

Dostatecznie mały ładunek elektryczny Q (którego pole pomijamy) znajdujący się w polu elektrycznym i przeniesiony z punktu o potencjale φ_1 do punktu o potencjale φ_2 , wykona pracę

$$W = (\varphi_1 - \varphi_2) Q = U Q,$$

gdzie U oznacza różnicę potencjałów powodującą ruch elektryczności, czyli — w przypadku obwodu elektrycznego — napięcie na zaciskach odbiornika. Moc dostarczona do odbiornika wyniesie

$$P = \frac{dW}{dt} = U \frac{dQ}{dt} = UI.$$

Podobnie masa cieczy ρv (o gęstości ρ i objętości v) w polu grawitacyjnym przeniesiona z punktu o potencjale gz , do punktu o potencjale gz_2 (g — przyspieszenie ziemskie, z — wysokość wzniesienia nad umownym poziomem zerowym) wykoną pracę:

$$W = \rho v \cdot (gz_1 - gz_2) = \rho v \cdot gz$$

Moc rozporządzalna tego układu wyniesie

$$P = \frac{dW}{dt} = \rho \frac{dv}{dt} \cdot gz = \rho q \cdot gz.$$

Dla ustalenia analogii przemian energetycznych obu układów — elektrycznego i hydrotechnicznego — należy przyjąć następujące odpowiedniki napięcia i prądu:

$$(10) \quad U = gz,$$

$$(11) \quad I = \rho q.$$

9. Odpowiednik oporności.

Moc elektryczna dostarczona do obwodu jest proporcjonalna do napięcia i do prądu:

$$P = UI.$$

Moc elektryczna zamieniona na straty cieplne w obwodzie jest proporcjonalna do kwadratu prądu (prawo Joule'a):

$$P = R_0 I^2.$$

Jeżeli moc dostarczona zużywa się całkowicie na wytworzenie ciepła, to mamy równość

$$UI = R_0 I^2,$$

z której wynika prawo Ohma

$$U = R_0 I.$$

Współczynnik proporcjonalności nazywamy opornością obwodu. (Piszemy R_0 ze wskaźnikiem „0” dla odróżnienia wielkości skupionych R_0 , L_0 , C_0 od wielkości rozłożonych na jednostkę długości R , L , C , które występują w teorii linii długiej).

Prawo Ohma wyraża więc pośrednio fakt, że straty cieplne w obwodzie przy przepływie prądu są proporcjonalne do kwadratu prądu. W elektrotechnice mamy do czynienia najczęściej z obwodami, w których oporność traktujemy jako stałą. Wówczas istnieje liniowa zależność między napięciem i prądem i dlatego oporność stałą nazywamy opornością liniową. Stosunkowo rzadziej stykamy się w praktyce z opornościami nieliniowymi, których wartość jest pewną funkcją prądu, napięcia lub innych wielkości elektrycznych i nieelektrycznych. Należy podkreślić, że oporność elektryczna jest wielkością jak najściślej związaną z substancją wzgl. ośrodkiem materialnym, w którym płynie prąd elektryczny, dlatego też przy niedostatecznej jeszcze znajomości budowy materii konkretną wartość liczbową oporności można uzyskać tylko na drodze pomiarów bezpośrednich. W przypadku oporności liniowych wystarcza ustalenie doświadczalne oporności właściwej i wymiarów geometrycznych przewodu, w przypadku zaś oporności nieliniowych konieczne jest zdjęcie doświadczalne charakterystyki prądowo-napięciowej $U = F(I)$; wówczas opornością będzie stosunek rzędnej do odciętej

$$R_0 = \frac{U}{I} = \frac{F(I)}{I}.$$

W hydrotechnice odpowiednik oporności będzie z reguły nieliniowy. Po zdefiniowaniu gz jako odpowiednika napięcia i ρq jako odpowiednika natężenia prądu otrzymujemy od razu definicję oporności

$$r_0 = \frac{gz}{\rho q}.$$

Przy ruchu ustalonym wody w kanale o stałym przekroju i stałym nachyleniu dna odpowiednikiem oporności r jest

$$(12) \quad r = \frac{g}{\rho} \frac{d}{ds} \left(\frac{gz}{\rho q} \right) = \frac{g}{\rho} \frac{i_r}{q},$$

gdzie $i_r = \frac{dz_r}{ds}$ oznacza tę część całkowitego spadku jednostkowego i , która idzie na pokrycie wszelkich strat wynikających z ruchu cieczy. Energia tej części spadku ulega rozproszeniu i dlatego zaopatrujemy odpowiednie wielkości we wskaźnik „r”, aby podkreślić, że podczas ruchu cieczy tylko część energii rozporządzalnej spadku pozostaje w cieczy, reszta zaś rozprasza się bezpowrotnie w otaczającym środowisku.

Oznaczając wskaźnikiem „w” wielkości związane z energią pozostającą w cieczy możemy napisać równania:

$$z = z_r + z_w \quad \text{oraz} \quad i = i_r + i_w.$$

Podczas ustalonego i równomiernego ruchu cieczy energia spadku zostaje całkowicie rozproszona; mamy wówczas

$$z = z_r \quad \text{oraz} \quad i = i_r,$$

przy czym każda wydzielona w myśli objętość wody przepływa się wzdłuż koryta z prędkością jednostajną i bez odkształceń. Podczas ruchu ustalonego, lecz nierównomiernego, różnięca energia spadku zostaje rozproszona, jednak prędkość cieczy zmienia się wzdłuż koryta.

Spadek rozproszenia jest bliżej nie znaną funkcją cech fizycznych koryta (chropowatości) i przepływu. Na drodze doświadczalnej możemy otrzymać tę funkcję w postaci wykresu $i_r = \varphi(q)$, jeżeli dla danego odcinka $s_1 - s_2$ rzeki wykresimy średnią krzywą konsumpcyjną $z = f(q)$ i wszystkie jej rzędne zmniejszymy s razy:

$$i_r = \varphi(q) = \frac{f(q)}{s}.$$

Zgodnie z ustaloną w hydrotechnice praktyką można zamiast $\varphi(q)$ przyjąć dla funkcji i_r wartość wziętą ze znanego wzoru Chézy'ego

$$q = \omega k \sqrt{ai_r},$$

to znaczy można przyjąć

$$i_r = \frac{q^2}{k^2 a \omega^2}.$$

Po podstawieniu tej wartości do wzoru ogólnego odpowiednika oporności otrzymuje postać następującą:

$$(12') \quad r = \frac{\rho}{g} \frac{q}{\omega^2 a k^2}.$$

10. Odpowiednik indukcyjności.

Odpowiednik oporności musiał być zależny od fizycznych właściwości koryta, co wyraża obecność współczynnika k w tym wzorze Chézy, a więc pośrednio współczynnika chropowatości koryta, natomiast odpowiednik indukcyjności może być zależny tylko od wielkości geometrycznych, podobnie jak indukcyjność L zależy tylko od konfiguracji pola magnetycznego, wytworzonego przez prąd płynący w danym obwodzie (przy stałej przenikalności magnetycznej ośrodka).

Indukcyjność jest współczynnikiem we wzorze wyrażającym energię pola magnetycznego obwodu elektrycznego:

$$W = \frac{LI^2}{2}.$$

Energii pola magnetycznego powinna odpowiadać w hydrodynamice energia kinetyczna cieczy (energia pola prędkości u). Stosując odpowiedniki hydrodynamiczne możemy obliczyć energię kinetyczną w sposób następujący.

W odległości s od obranego początku strumienia wody obramy odcinek elementarny o długości ds i przekroju ω . Masa wody zawarta w tym odcinku wyniesie $\rho \omega ds$. Jeżeli odpowiednik indukcyjności na jednostkę długości oznaczymy przez l i uwzględnimy, że odpowiednikiem prądu jest ρq , możemy napisać równanie przyrostów energii:

$$\rho \omega ds \cdot u du = l ds \cdot \rho q d(\rho q).$$

Po podstawieniu zależności $q = \omega u$ i przeprowadzeniu uproszczeń znajdujemy wartość odpowiednika indukcyjności:

$$l = \frac{1}{\rho} \frac{du}{dq},$$

który po uwzględnieniu zależności $\frac{du}{dq} = \frac{1}{\omega}$ dopuszczalnym w równaniu dynamicznym (por. rozdz. 4) przybiera postać ostateczną

$$(13) \quad l = \frac{1}{\rho \omega}.$$

Jeżeli przekrój zmienia się wzdłuż rzeki i na danym odcinku $s_1 - s_2$ może być wyrażony funkcją ciągłą $\omega = f(s)$, obliczamy średni przekrój jako średnią wartość całki

$$\omega_{sr} = \frac{1}{s_2 - s_1} \int_{s_1}^{s_2} \omega ds$$

i wtedy średnią wartością odpowiednika indukcyjności będzie

$$l_{sr} = \frac{1}{\rho \omega_{sr}}.$$

Pod względem fizycznym odpowiednik indukcyjności charakteryzuje zdolność rzeki do gromadzenia energii kinetycznej, a z budowy wzoru wynika, że przy danym przepływie zdolność ta jest tym większa, im mniejszy jest przekrój zwilżony (gdyż wtedy jest większa prędkość).

11. Odpowiednik pojemności.

Przyrost energii kondensatora z chwilą, kiedy jego napięcie U wzrośnie o wartość dU na skutek wprowadzenia dodatkowego ładunku dQ , wynosi

$$dW = CU \cdot dU.$$

Podobnie energia potencjalna wody zawarta w odcinku rzeki wzrośnie z chwilą zwiększenia masy odcinka o wielkość $\rho \cdot dv$, przy czym przyrost energii wyniesie

$$dW = \rho \cdot dv \cdot gh.$$

Chcemy wyrazić ten przyrost za pomocą wzoru o takiej samej strukturze, jak wzór dla kondensatora. Na podstawie definicji napięcia możemy napisać:

$$\rho \cdot dv \cdot gh = cds \cdot ghd(gh).$$

Ponieważ objętość $dv = d\omega \cdot ds$, otrzymamy po uproszczeniu

$$cg \cdot dh = \rho d\omega,$$

skąd wyprowadzamy definicję odpowiednika pojemności

$$(14) \quad c = \frac{\rho}{g} \cdot \frac{d\omega}{dh}.$$

Pochodna $\frac{d\omega}{dh}$ jest wartością tangensa stycznej do krzywej $\omega = f(h)$, którą można otrzymać od razu z danego profilu rzeki. Dla określonego odcinka rzeki $s_1 - s_2$ przyjmujemy wartość średnią odpowiednika pojemności

$$c_{sr} = \frac{\rho}{g} \frac{1}{s_2 - s_1} \int_{s_1}^{s_2} \left(\frac{d\omega}{dh} \right) ds = \frac{\rho}{g} \frac{1}{s_2 - s_1} \int_{\omega_1}^{\omega_2} \frac{d\omega}{i}$$

Dla przekroju prostokątnego $\omega = b \cdot 2h$. W tym przypadku odpowiednik pojemności jest wielkością stałą, proporcjonalną do szerokości kanału:

$$c = \frac{\rho}{g} \cdot 2b.$$

Pod względem znaczenia fizycznego odpowiednik pojemności jest miarą powstrzymującej zdolności rzeki (retencji).

12. Analogia długiej linii elektrycznej i rzeki.

Zastępując w równaniach (8) i (9) — w założeniu $G = 0$ — wielkości elektryczne U, I, R, L, C odpowiednikami, ustalonymi we wzorach (10), (11), (12'), (13) i (14), otrzymamy równania:

$$\begin{aligned} - \frac{\partial}{\partial s} (gz) &= \frac{g}{\rho} \cdot \frac{q}{k^2 a \omega^2} (\rho q) + \frac{1}{\rho \omega} \frac{\partial (\rho q)}{\partial t} \\ - \frac{\partial}{\partial s} (\rho q) &= \frac{\rho}{g} \cdot \frac{d\omega}{dh} \cdot \frac{\partial}{\partial t} (gz), \end{aligned}$$

które po skróceniu przez wspólne czynniki przybierają postać przekształcanych równań Saint-Venanta (5) i (6).

Podobieństwo równań elektrycznych linii długiej i równań hydrodynamicznych rzeki jest więc zupełne, co jest dowodem, że długa linia elektryczna jest wiernym modelem elektrycznym rzeki.

Podobieństwo jest nie tylko formalne; jest ono naturalne, gdyż wynika stąd, że obydwa układy równań są tylko wyrazem dwóch podstawowych praw fizyki klasycznej — prawa zachowania energii i prawa zachowania masy.

Równanie dynamiczne Saint-Venanta otrzymaliśmy w rozdz. 3 z warunku równowagi dynamicznej:

$$\begin{aligned} \rho \cdot g \cdot \omega \cdot ds \cdot i_o - \rho \cdot g \cdot \omega \frac{\partial h}{\partial s} ds - \frac{\rho \cdot g \cdot \omega \cdot ds}{k^2 \cdot a} - \\ - \rho \cdot \omega \cdot ds \cdot \frac{du}{dt} = 0. \end{aligned}$$

Po skróceniu przez wspólny czynnik i uwzględnieniu zależności

$$ds \cdot i_o = dz_o, \quad \omega ds = dv \frac{\partial h}{\partial s} ds = dh, \quad \frac{ds}{dt} = u$$

otrzymamy równanie

$$\rho \cdot dv \cdot g (dh - dz_o) + \frac{1}{2} \rho \cdot dv \cdot d(u^2) + \rho \cdot dv \cdot gdh_r = 0,$$

które wyraża prawo zachowania energii: pierwszy wyraz oznacza energię potencjalną, drugi — energię kinetyczną, trzeci — energię rozproszenia.

Pierwsze równanie linii długiej otrzymujemy z drugiego prawa Kirchhoffa zastosowanego do elementarnego obwodu:

$$-dU = Rds I + Lds \frac{\partial I}{\partial t}.$$

Mnożąc to równanie przez $I \cdot dt = dQ$ otrzymamy równanie

$$dU \cdot dQ + \frac{1}{2} Lds \cdot d(I^2) + Rds I^2 dt = 0,$$

które wyraża prawo zachowania energii dla obwodu elektrycznego: pierwszy wyraz oznacza energię pola elektrycznego, drugi — energię pola magnetycznego i trzeci — energię rozproszenia.

Drugie równanie hydrodynamiczne rzeki — równanie ciągłości — stwierdza, że żadna masa cieczy nie może powstać z niczego ani też nagle zniknąć. Podobnie drugie równanie linii ciągłej, wyprowadzone z pierwszego prawa Kirchhoffa dla węzła elementarnego obwodu, stwierdza, że w punkcie rozgałęzienia prądów nie mogą ani powstawać z niczego ani zniknąć ładunki elektryczne.

Podobieństwo drugich równań występuje ze szczególną siłą w postaci wektorowej równań. Rozpatrywane dotychczas wielkości fizyczne — prąd I oraz jego odpowiednik ρq — są to wielkości skalarne. Jeżeli jednak w masie przewodnika i w masie cieczy wydzielimy nieskończenie małą objętość zawartą wewnątrz całkowicie zamkniętej powierzchni, to będziemy mogli rozpatrywać wektory następujące:

a) wektor elementu powierzchni $d\sigma$ skierowany prostopadle do powierzchni ku zewnętrznej części objętości;

b) wektor gęstości prądu δ zdefiniowany przez równanie

$$I = \int \delta d\sigma;$$

c) wektor prędkości przepływu cieczy przez powierzchnię zdefiniowany równaniem

$$q = \int u d\sigma$$

Przy tych założeniach pierwsze prawo Kirchhoffa wyraża w elektrotechnice równanie wektorowe ciągłości

$$\text{div } \delta = 0;$$

w hydrodynamice równanie wektorowe ciągłości ma identyczną postać

$$\text{div } u = 0.$$

13. Porównanie dwu systemów analogii elektromechanicznych.

W układach mechanicznych występują dwie zasadniczo różne postacie energii — energia kinetyczna i energia potencjalna.

W układach elektrycznych występują również dwie różne postacie energii — energia pola elektrycznego i energia pola magnetycznego.

Tak w układach mechanicznych, jak i w elektrycznych, zachodzą stałe przemiany jednej postaci energii w drugą, przy czym pewna część energii zwykle wypada z układu w postaci energii rozproszenia, przeważnie energii cieplnej.

Ustalając analogię naturalną między dwoma układami — mechanicznym i elektrycznym — możemy stworzyć dwa (i tylko dwa) systemy analogii:

system I, w którym odpowiadają: energii kinetycznej — energia pola magnetycznego, energii potencjalnej — energia pola elektrycznego;

system II, w którym odpowiadają: energii kinetycznej — energia pola elektrycznego, energii potencjalnej — energia pola magnetycznego.

System I analogii to system klasyczny, opracowany jeszcze przez Maxwella i do niedawna powszechnie stosowany w technice, a zwłaszcza w elektroakustyce. System ten przemawia łatwo do wyobraźni, ma jednak tę niedogodność, że równo-

ległym układom mechanicznym odpowiada szeregowy układ elektryczny i odwrotnie, co stwarza niemałe trudności w zastosowaniach praktycznych.

System III analogii to system poprawiony, zaproponowany przez Maleckiego [12]. W systemie tym układom mechanicznym szeregowym odpowiadają szeregowo układy elektryczne, a równoległym — równoległe, co czyni ten układ bardzo dogodnym w praktyce.

Analogie hydroelektryczne według propozycji autora należą do systemu pierwszego, gdyż energii kinetycznej rzeki odpowiada energia pola magnetycznego długiej linii elektrycznej, a energii potencjalnej rzeki odpowiada energia pola elektrycznego tej linii. Dobór odpowiedników hydroelektrycznych jest jednak inny niż w systemie klasycznym, jest lepiej przystosowany do specjalnego zagadnienia, jakim jest ruch wody w rzece (rys. 6). Np. zamiast analogii klasycznej:

prąd $\sim$ prędkość,
napiecie $\sim$ siła

przyjęto dla hydrodynamiki analogię:

prąd $\sim$ przepływ $\times$ gęstość,

napiecie $\sim$ wzniesienie $\times$ przyspieszenie ziemskie.

Mogłoby wydawać się, że gęstość ρ wprowadzona do analogii jest niepotrzebnym balastem, gdyż dla wody $\rho = 1$, a w ostatecznych równaniach gęstość w ogóle znika. Wprowadzenia jej jednak wymaga konsekwentne przestrzeganie jednorodności równań wielkości fizycznych.

14. Dyskusja nad analogią hydroelektryczną.

Szczegółowe przedyskutowanie analogii hydroelektrycznej wymagałoby rozwiązania równań różniczkowych linii długiej o parametrach zmiennych. Niestety, obecnie jeszcze nie rozporządzamy takim aparatem matematycznym, który pozwoliłby na rozwiązywanie równań tego typu w sposób efektywny, np. w postaci wzoru o skończonej i prostej budowie tym bardziej, że zmienne parametry (odpowiedniki R , L , C) są na ogół funkcjami przepływu q o nieznannej strukturze matematycznej.

Jedną z wielu metod przybliżonego rozwiązywania równań różniczkowych o zmiennych parametrach jest metoda linearyzacji.

Spróbujemy według tej metody omówić równania linii elektrycznej, w których wielkości elektryczne zastąpiono odpowiednikami hydrodynamicznymi, potraktowanymi jako wielkości stałe (w małym zakresie zmienności przepływu i przekrojów czynnych).

Całkowita zgodność równań długiej linii z równaniami ruchu cieczy w otwartych łożyskach pozwala przewidywać, że wnioski wypływające z interpretacji równań linii elektrycznej zachowają swą ważność w zastosowaniu do równań ruchu cieczy.

Rozwiązanie równań różniczkowych o pochodnych cząstkowych, opisujących długą linię elektryczną polega na wyznaczeniu funkcji U , I , spełniających układ równań dla $t > 0$ i $s > 0$, gdy wiemy, że na początku linii ($s = 0$) działa siła elektromotoryczna $E(t)$ jako dana funkcja czasu, i znamy rozkład prądów i napięć wzdłuż linii w chwili $t = 0$. W przypadku linii nieskończenie długiej pozbawionej prądu i napięcia w chwili początkowej mamy następujące warunki brzegowe:

$$\text{gdy } s \rightarrow 0, \text{ to } U \rightarrow E(t) \quad (t > 0),$$

$$\text{gdy } s \rightarrow \infty, \text{ to } U \rightarrow 0 \quad (t > 0),$$

oraz warunek początkowy

$$\text{gdy } t \rightarrow 0, \text{ to } U \rightarrow 0 \quad (s > 0).$$

Stosując rachunek operatorowy oparty na przekształceniach Laplace'a możemy łatwo otrzymać rozwiązanie, które z uwagi na występowanie ułamkowych potęg operatorów będzie zawierało funkcję Bessela lub funkcję Gaussa [13, 14, 15, 17 i 18].

Rozwiązanie dla przypadku linii bez upływności ($G = 0$) przy założeniu, że $E(t) = U_0 = \text{const}$ (włączenie stałego napięcia) jest następujące:

$$I(s, t) = 0 \quad \text{dla } t < \frac{s}{v},$$

$$I(s, t) = U_0 \sqrt{\frac{C}{L}} \cdot e^{-\lambda t} \cdot J_0\left(\lambda \sqrt{t^2 - \frac{s^2}{v^2}}\right) \quad \text{dla } t > \frac{s}{v},$$

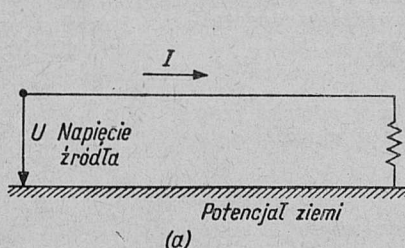
$$\text{gdzie } \lambda = \frac{R}{2L} \text{ — współczynnik tłumienia,}$$

$$v = \frac{1}{\sqrt{LC}} \text{ — prędkość fali,}$$

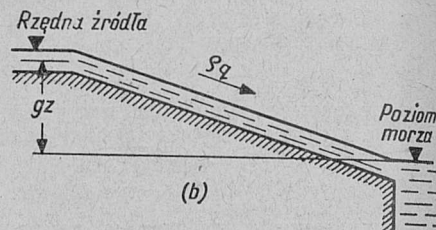
$$S = \sqrt{\frac{L}{C}} \text{ — oporność falowa,}$$

$J_0(jx)$ — funkcja Bessela zerowego rzędu, która w rozwinięciu na szereg potęgowy ma postać:

$$J_0(jx) = 1 + \frac{x^2}{2^2} + \frac{x^4}{2^2 \cdot 4^2} + \dots$$



(a)



(b)

Rys. 6

Po podstawieniu odpowiedników hydrodynamicznych do wzoru wyrażającego prędkość fali prądu lub napięcia powinniśmy otrzymać prędkość fali wody:

$$u = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{\rho \omega} \cdot \frac{\rho}{g} \cdot \frac{d\omega}{dh}}} = \sqrt{gh} \quad (\text{dla } \omega = 2h \cdot b).$$

Istotnie, otrzymaliśmy znany wzór Lagrange'a na prędkość fali wody w szerokim rozlewisku o głębokości h . Taką prędkość będzie miała fala w pierwszej chwili po nagłym otwarciu zasuwy lub przzerwaniu tamy.

Ważną rolę w teorii linii długiej i przewodów łańcuchowych odgrywa oporność falowa

$$S = \sqrt{\frac{L}{C}};$$

w hydrodynamice jej odpowiednikiem byłoby wyrażenie

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{\rho \omega} \cdot \frac{gdh}{\rho d\omega}} = \frac{\sqrt{gh}}{\rho \omega} \quad (\text{dla } \omega = 2h \cdot b).$$

Mając oporność falową można obliczyć, jaki będzie prąd w pierwszej chwili po włączeniu napięcia:

$$I = \frac{U_0}{\sqrt{\frac{L}{C}}};$$

W hydrodynamice otrzymamy przez analogię wzór na przepływ q w pierwszej chwili po otwarciu zasuwy:

$$\rho q = \frac{gh}{\sigma} = \frac{gh}{\frac{\sqrt{gh}}{\rho \omega}} = \rho \omega \sqrt{gh}$$

$$\text{czyli } q = \omega \sqrt{gh}.$$

Przy szerokości światła b i wysokości $H = 2h$ otrzymamy

$$q = 0,5 \sqrt{2g} H^{3/2} \cdot b.$$

Półempiryczny wzór stosowany w hydrotechnice ma postać

$$q = 0,6 \sqrt{2g} H^{3/2} \cdot b$$

Zgodność obu wzorów pod względem zarówno struktury, jak i wartości współczynników jest godna uwagi.

Wiadomo, że jeżeli na końcu dowolnego odcinka linii długiej włączymy oporność falową, to odcinek ten zachowuje się pod każdym względem jak linia nieskończenie długa. Jest możliwe, że przeniesienie tej własności do hydrotechniki pozwoliłoby prowadzić badania doświadczalne na krótkich odcinkach kanałów doświadczalnych o przekrojach naturalnych i różnych naturalnych właściwościach łożyska. Jeżeli kanał taki obciążymy na końcu opornością falową (tzn. zapewnimy

na końcu linii odpowiedni przepływ), to ruch wody w tym kanale będzie taki sam, jak i w kanale bardzo długim.

Ciekawe byłoby bliższe zbadanie odpowiednika tłumienia, który charakteryzuje transformację fali powodziowej, oraz odpowiednika mocy naturalnej linii, który określi najkorzystniejsze wyzyskanie rzeki pod względem energetycznym.

15. Wnioski.

a) Modelem elektrycznym rzeki jest długa linia elektryczna o zmiennych parametrach odpowiadająca układowi równań różniczkowych cząstkowych:

$$-\frac{\partial U}{\partial s} = (R)I + L(I) \cdot \frac{\partial I}{\partial t},$$

$$-\frac{\partial I}{\partial s} = C(U) \cdot \frac{\partial U}{\partial t}.$$

Układ ten jest analogiczny do układu przekształconych równań Saint-Venanta dla nieustalonego ruchu wody w rzece:

$$-\frac{\partial z}{\partial s} = r(q) \cdot q + l(q) \cdot \frac{\partial q}{\partial t},$$

$$-\frac{\partial q}{\partial s} = c(z) \cdot \frac{\partial z}{\partial t}.$$

Zmienne niezależne i parametry równań linii elektrycznej stanowią następujące odpowiedniki hydrauliczne zmiennych niezależnych i parametrów równań rzeki:

napięciu	U	odpowiada	gz ,
prądowi	I	„	q ,
oporności	$R(I)$	„	$r(q) = \frac{g}{\rho} \cdot \frac{i_r}{q}$,
indukcyjności	$L(I)$	„	$l(q) = \frac{1}{\rho} \cdot \frac{1}{\omega}$,
pojemności	$C(U)$	„	$c(z) = \frac{\rho}{g} \cdot \frac{d\omega}{dh}$.

Powyższy model elektryczny jest naturalny, gdyż przemiana energii w długiej linii elektrycznej odtwarzają wiernie przemiany energetyczne zachodzące w rzece i dzięki temu model ten przenosi zagadnienie ruchu cieczy z hydrotechniki do elektrotechniki.

b) Praktycznym modelem elektrycznym rzeki będzie każdy model omówionej linii długiej, a więc z reguły będzie nim przewód łańcuchowy złożony z czwórników o parametrach

zmiennych, przy czym każdy czwórnik powinien odpowiadać określonej odcinkowi rzeki.

c) Omówiony model elektryczny odtworzy ruch nieustalony wody w rzece pod względem jakościowym i ilościowym z dowolną żadaną dokładnością, zależną tylko od ścisłości danych hydrometrycznych i precyzji wykonania modelu.

d) W szczególności model elektryczny rzeki może rozwiązywać następujące ważne zagadnienia budownictwa wodnego:

1) przebieg i transformację fali powodziowej, co odpowiada przebiegowi i tłumieniu fali prądu i napięcia w modelu;

2) wpływ zbiorników na przebieg fali powodziowej — analogiczny do wpływu parametrów skupionych R_0 , L_0 , C_0 — na wartości prądu i napięcia w modelu;

3) przebieg fali katastrofalnej, podobny do stanów nieustalonych przy nagłej zmianie parametrów R , L , C , w odpowiednim czwórniku modelu;

4) cofkę na dopływach, co odpowiada przebiegowi prądu i napięcia w odgałęzieniach linii modelowej;

5) krzywą spiętrzenia, której odpowiada rozkład napięć w modelu przy stanie ustalonym;

6) najkorzystniejsze wyzyskanie rzeki dla energetyki.

LITERATURA

- [1] Troskolański A. Hydromechanika techniczna, 1954
- [2] Archangielski W. W. Raszczoty nieustanowiwszewosia dwiżenja w otkrytych wodotokach, 1947
- [3] Wielikano M. A. Dinamika rusłowych potokow, 1954, 1949
- [4] Czarny J. I. A. Nieustanowiwszewosia dwiżenja riealnoj židkosti w trubach, 1951
- [5] Davis. Handbook of Applied Hydraulics, 1942
- [6] Alfieriew M. A. Gidromiechanika, 1952
- [7] Łukasiewicz L. Elektronowy analizator równań różniczkowych „ARR” i niektóre jego zastosowania (Zastosowania Matematyki, t. II, zes. 1, 1954)
- [8] Niejman Ł. R. Elektrieskoje modelirovanje slożnych nelinejnych tiepłowych sieć i wientilacjonnych sistiem (Elektriesztwo, 1954. 3)
- [9] O b r i e z k o w W. I. Elektrieskij mietod raszczota raspriedielenja nagruzki mieżdu gidrawliczeskimi i tiepłowymi elektrostancjami (Gidrotechn. Stroitelstwo, 1953, 6)
- [10] Gutienmachier Ł. I. Elektrieskije modeli, 1949
- [11] Olson H. F. Dynamical analogies, 1944 (przekł. ros.)
- [12] Malecki I. Poprawiony układ analogii elektromechanicznych i jego interpretacja fizyczna (Przegl. Elektr., 1952, 1)
- [13] Pogorzelski W. Rachunek operatorowy i przekształcenie Laplace'a, 1950
- [14] Mikusiński J. Rachunek operatorów, 1953
- [15] Bush V. Operational Circuits Analysis, 1948
- [16] Poincelot P. Les régimes transitoires dans les réseaux électriques, 1953
- [17] Carson J. R. Electric Circuits Theory and the Operational Calculus, 1926
- [18] Kontorowicz M. I. Opieracjonnoje isczyślenie i nie-stacjonarnyje jawlenja w elektroczeskich cepiach, 1953

MGR INŻ. BOLESŁAW DRYŚ

Institut Elektrotechniki
Zakład Materiałoznawstwa
Elektrycznego

Dokładność oznaczeń niektórych chemicznych własności syciw elektrotechnicznych

537.7:543

Treść. Opierając się na analizie uchybów przy poszczególnych czynnościach, z których składają się oznaczenia, opracowano wykresy, podające zależność sumarycznego uchybu systematycznego od wielkości badanej własności. Omówiono następujące własności: liczbę smołową, zawartość popiołu, liczbę kwasową, zawartość asfaltów twardych i liczbę zmydiania.

Точность определения некоторых химических свойств электротехнических пропитанных материалов. На основании анализа погрешностей, неизбежных в отдельных фазах такого определения, составлены диаграммы, дающие зависимость суммарной систематической погрешности от значения определяемой величины. Рассмотрены следующие величины: смоляное число, содержание золы, кислотное число, содержание твердых асфальтов, омыления.

Accuracy of Determination of Some Chemical Properties of Electrotechnical Impregnating Compounds. On the basis of the analysis of errors occurring in particular stages, diagrams were calculated, representing the ratio of the total systematic error to the value of the examined property. The following properties are described: pitch number, ash content, acid number, hard asphalt content and saponification value.

1. Wstęp.

Syciwa używane w elektrotechnice są z reguły mieszaniną wielu związków chemicznych tak dobraną, aby własności jej odpowiadały wymaganiom wynikającym z ich późniejszej pracy. Typowymi przedstawicielami syciw są oleje izolacyjne, zalewy kablów, parafina, wazelina, chlorowany naftalen i inne. Własności ich są ujęte w polskich normach lub w warunkach technicznych odbioru. Metody kontroli są również znormalizowane i przeważnie nie ma trudności w określaniu zgodności własności badanego materiału z istniejącymi wymaganiami, co powinno być jednoznaczne z przydatnością do danego celu. Trudności pojawiają się przy porównywaniu sy-

cii lub przy ocenie stopnia ich zesterzenia. Trudności polegają między innymi na tym, że oznaczenia własności obarczone są uchybem, który niejednokrotnie przewyższa wartość kontrolowanej wielkości, a prawie zawsze jest tego samego rzędu. Dotyczy to głównie surowców mało zesterzonych, gdy kontrolowane wielkości mają małą wartość.

Rozpatrzmy tu tylko te wielkości, które są najczęściej mierzone, a które według znanych i podanych niżej norm kwalifikują jako produkt.

Uwzględniając uchyby towarzyszące poszczególnym czynnościom, z których składają się oznaczenia, podamy niżej wykresy, obrazujące zależność sumarycznego uchybu systema-

tycznego od wartości badanej własności. Przy układaniu wykresów nie uwzględniono uchybów przypadkowych, które nie mogą być ujęte liczbowo, a są dość łatwe do wykrycia przy rozważaniu całości wyników kontroli. Przy omawianiu poszczególnych oznaczeń będą podawane najczęściej spotykane błędy tego rodzaju.

2. Sposób układania wykresów.

Wyjaśni go następujący przykładowy tok rozumowania przy oznaczaniu liczby kwasowej. Założmy, że liczba kwasowa oleju transformatorowego wynosi 0,10 mg KOH/g. Przy oznaczaniu wykonuje się następujące czynności, z których każda obarczona jest błędem.

1) Ważenie 10 g oleju w naczynku wagowym z dokładnością do 0,05 g; ważenie naczynka wagowego po wylaniu oleju z tą samą dokładnością.

a) Sumaryczny uchyb bezwzględny ważenia wynosi 0,1 g; sumaryczny uchyb względny ważenia wynosi $\frac{0,1}{10} = 1\%$.

b) Dla dokładności ważenia równej 0,1 g sumaryczne uchyby ważenia wynoszą: bezwzględny 0,2 g, względny 2%.

2) Miareczkowanie ślepej próby roztworem ługu około 0,05 normalnym przy pomocy biurety z podziałką co 0,01 ml; miareczkowanie próby właściwej w tych samych warunkach.

a) Sumaryczny uchyb bezwzględny miareczkowania wynosi 0,02 ml; ponieważ różnica w ilości roztworu ługu zużytego do miareczkowania ślepej i właściwej próby wynosi 0,40 ml, przeto uchyb względny będzie $\frac{0,02}{0,40} = 5\%$.

b) Jeżeli zastosowano do miareczkowania ług 0,1 normalny i biureta ma podziałkę co 0,02 ml, wówczas uchyb bezwzględny wynosi 0,04 ml; różnica w ilości ługu jest dwukrotnie mniejsza, więc uchyb względny wynosi $\frac{0,04}{0,20} = 20\%$.

3) a) Uchyb bezwzględny spowodowany trudnością uchwycenia zmiany barwy wskaźnika przy miareczkowaniu ługiem 0,05 normalnym wynosi 0,02 ml, a odpowiednio uchyb względny $\frac{0,02}{0,4} = 5\%$.

b) Dla ługu 0,1 normalnego i biurety z podziałką co 0,02 ml uchyb ten mieści się w uchybie odczytu objętości.

Sumaryczny uchyb względny dla warunków, wymienionych w trzech punktach a) wynosi: $1\% + 5\% + 5\% = 11\%$, bezwzględny zaś $\frac{0,10 \cdot 11}{100} = 0,011$ mg KOH/g; dla warunków wymienionych w punktach b) sumaryczny uchyb względny wynosi $2\% + 20\% = 22\%$, bezwzględny zaś $\frac{0,10 \cdot 22}{100} = 0,022$ mg KOH/g.

Wielkości 11% i 22%, będące stosunkiem popełnianego błędu do całkowitej mierzonej wartości wyrażone w procentach, a nazwane uchybem względnym, podane są na rys. 5.

Wielkości 0,011 mg KOH/g i 0,022 mg KOH/g, stanowiące uchyb bezwzględny, wykorzystane zostały przy układaniu rys. 6 w założeniu, że są to graniczne wartości. W podobny sposób przeprowadzono rozumowanie dla innych wartości liczby kwasowej.

3. Omówienie i interpretacja wykresów.

Skalę wykresów dobierano z myślą o ich dobrej czytelności. W wykresach, przedstawiających zależność między uchybem systematycznym względnym a mierzoną wielkością, osi rzędnych i osi odciętych mają skalę logarytmiczną. W wykresach, podających zależność uchybu systematycznego bezwzględnego od mierzonej wielkości, tylko osi rzędnych jest w skali logarytmicznej. Wartości uchybów mieszczą się w polach zakreskowanych, co oznacza, że dla konkretnej wartości mierzonej wielkości istnieje pewien zakres uchybów. Wielkość uchybu jest zależna od doświadczenia i wprawy wykonującego oznaczenie, od wyposażenia pracowni analitycznej, od ilości posiadanej substancji itd. Jeżeli istnieje pewna dowolność w wykonywaniu pomiaru, jak np. ilość substancji w oznaczeniu zawartości popiołu lub zawartości asfaltów twardych, wówczas różnica między maksymalnym i minimalnym uchybem jest duża (szerokie zakreskowane pole).

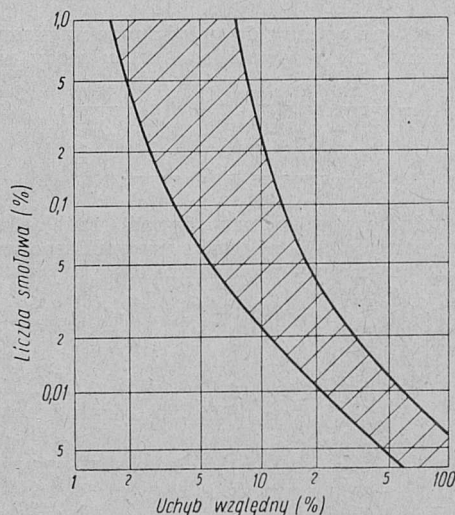
Przy sporządzaniu wykresów rozpatrywano uchyby tylko w tym zakresie badanej wielkości, który najczęściej się spotyka w syciwach elektroizolacyjnych.

4. Liczba smołowa (PN/C 04099).

Liczba smołowa nazywa się procentowa zawartość w oleju substancji rozpuszczalnych w alkoholowo-wodnym roztworze ługu potasowego (rys. 1 i 2).

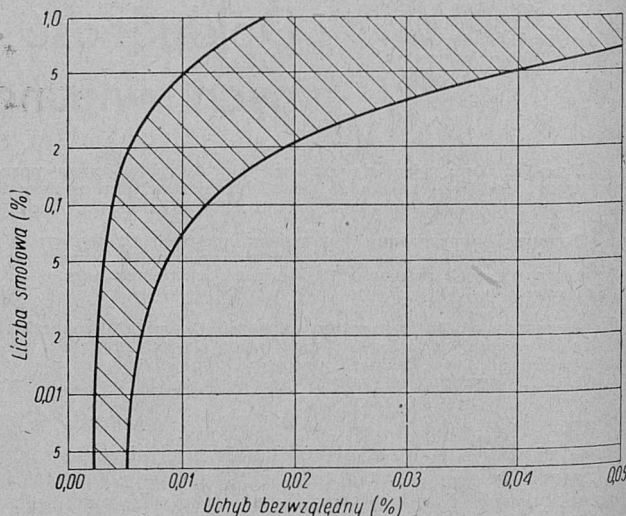
Na uchyb sumaryczny składają się uchyby ważenia, pipetowania i przelewania. Przelewaniem nazwano kilkakrotnie przenoszenie roztworów z jednego rozdzielacza do drugiego łącznie z ekstrakowaniem i przemijaniem. W tych czynnościach leży główny — systematyczny — błąd oznaczenia.

Z głównych uchybów przypadkowych należy wymienić następujące:



Rys. 1. Liczba smołowa: zależność systematycznego uchybu względnego od wartości mierzonej wielkości

- 1) wyparowanie roztworu alkoholowo-wodnego przy gotowaniu wówczas, kiedy nie używa się kolb i chłodnic ze szlifami,
- 2) nieszczelność rozdzielaczy,
- 3) przerzucanie roztworu przy oddestylowaniu benzenu w końcowej fazie oznaczenia,
- 4) pozostawianie kropeł wody w wysuszonej substancji przygotowanej do ważenia,
- 5) zanieczyszczenia benzenu.



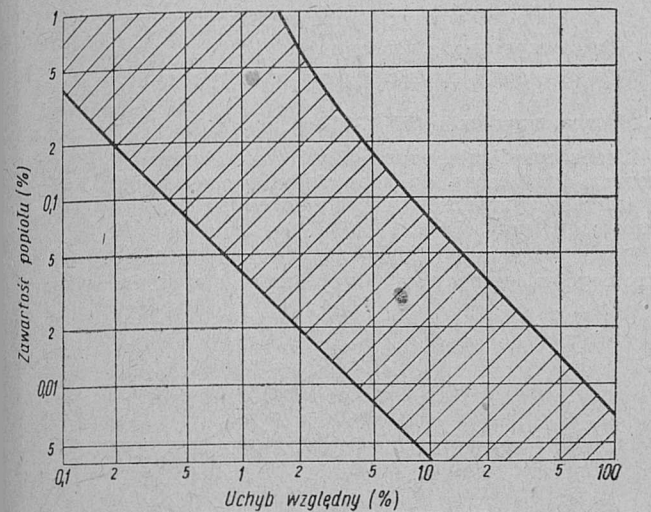
Rys. 2. Liczba smołowa: zależność systematycznego uchybu bezwzględnego od wartości mierzonej wielkości

Przy niezbyt czystych odczynnikach albo przy bardzo dokładnych oznaczeniach wydaje się celowe wykonanie ślepej próby. Nazwą taką określa się oznaczenie, w którym wykonuje się wszystkie czynności przewidziane w normalnym

oznaczeniu bez dodawania badanego produktu. Różnica między próbą właściwą a ślepą jest szukaną wielkością, uchyby zaś systematyczne i niektóre przypadkowe zostają silnie obniżone.

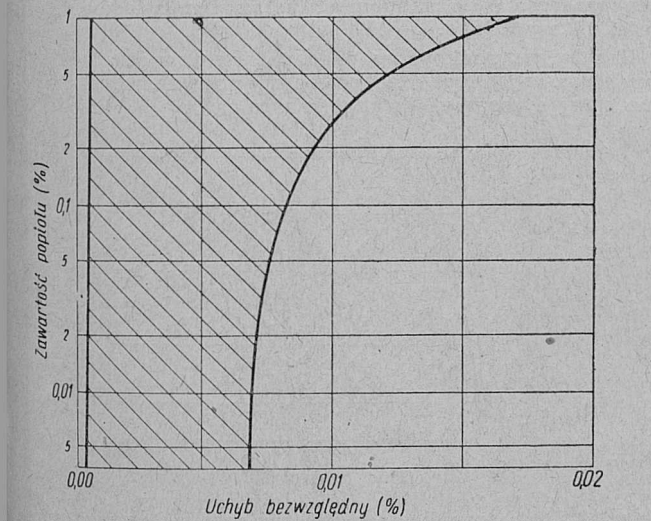
5. Zawartość popiołu (PN/C-04077).

Wielkość ta ma niewłaściwą nazwę, gdyż popiół nie jest zawarty w substancji, lecz tworzy się w czasie spalania, jest to więc pozostałość po spaleniu substancji i wyprężeniu pozostałości, wyrażona w procentach (rys. 3 i 4).



Rys. 3. Zawartość popiołu: zależność systematycznego uchybu względnego od mierzonej wielkości

Uchyby ważenia decydują o sumarycznym uchybie systematycznym. Oznaczenie wykonywa się najczęściej w tyglu porcelanowym. Zmiana ciężaru tygla przy prażeniu jest czasami tak duża, że za właściwy ciężar początkowy tygla należy



Rys. 4. Zawartość popiołu: zależność systematycznego uchybu bezwzględnego od mierzonej wielkości

przyjąć ciężar po usunięciu popiołu, co jest możliwe tylko wówczas, gdy popiół jest trudnotopliwy i luźno leżący w tyglu.

Dokładność oznaczenia można poprawić przez zwiększenie naważki, którą przy zawartości popiołu rzędu 0,01% w ystarczy ważyć z dokładnością 1 g.

6. Liczba kwasowa (PN/C-04066).

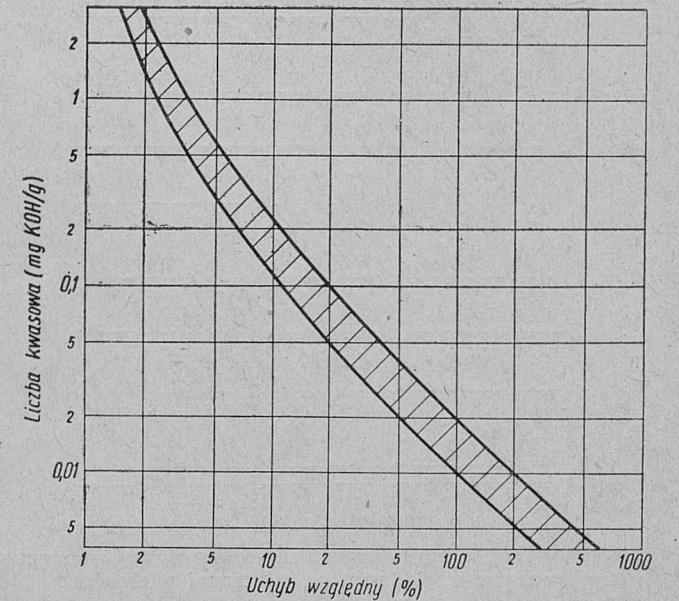
Liczba kwasowa jest to ilość (w miligramach) ługu potasowego (KOH), potrzebna do neutralizacji substancji kwaśnych zawartych w 1 g produktu (rys. 5 i 6). Czasem definicja zawiera zastrzeżenie, że oznaczenie obejmuje substancje kwaśne nierozpuszczalne w wodzie.

W innych normach, np. radzieckich, stosuje się do określania kwasowości różne jednostki. Liczbę kwasową wyraża się w procentach ługu sodowego lub procentach kwasu solnego. Tablica I podaje zależność pomiędzy używanymi jednostkami.

Tablica I

KOH/g (mg)	HCl (%)	NaOH (%)	H ₂ SO ₄ (%)
1,00	0,065	0,071	0,088
15,39	1,000	1,098	1,342
14,01	0,913	1,000	1,225
11,44	0,752	0,817	1,000

Przy sporządzaniu krzywych uwzględniono uchyby istniejące przy kolejnych czynnościach oznaczenia, a mianowicie przy ważeniu, miareczkowaniu, i uchyb wynikający z trudno-



Rys. 5. Liczba kwasowa: zależność systematycznego uchybu względnego od mierzonej wielkości

ści uchwycenia zmiany barwy wskaźnika. Ostatni uchyb jest tym większy, im ciemniejsza jest substancja, co jest z reguły równoważne z dużą liczbą kwasową. Błąd ten jest mniejszy



Rys. 6. Liczba kwasowa: zależność systematycznego uchybu bezwzględnego od mierzonej wielkości

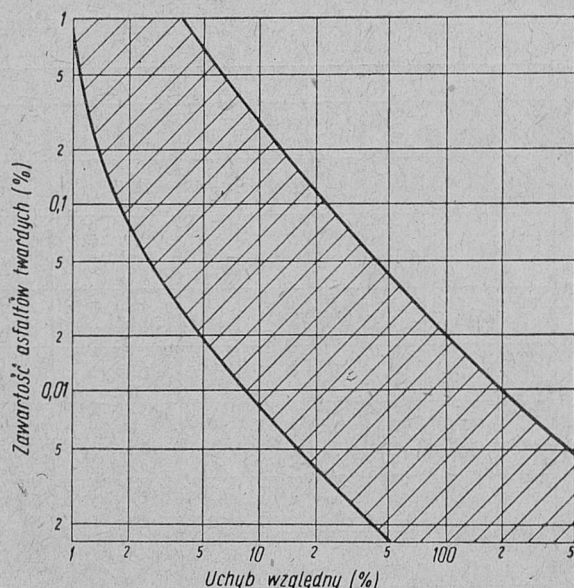
przy użyciu jako wskaźnika fenoltaleiny niż przy użyciu błękitu alkalicznego 6B. Uchyb ważenia praktycznie nie odgrywa roli, gdyż inne uchyby wielokrotnie go przewyższają.

Tablica III

Oznaczenie	Dokładność bezwzględna
Liczba smołowa (%)	$\pm 0,01$
Zawartość popiołu (%)	$\pm 0,005$
Liczba kwasowa (mg KOH/g)	$\pm 0,02$
Zawartość asfaltów tw. (%)	$\pm 0,01$
Liczba zmydlenia (mg KOH/g)	$\pm 0,2$

Przy liczbie kwasowej rzędu 0,1 mg KOH/g dokładność ważenia 1 g jest zupełnie wystarczająca.

Jak wynika z wykresów, dokładność oznaczenia wynosi w najpomyślniejszych warunkach 0,01 mg KOH/g.

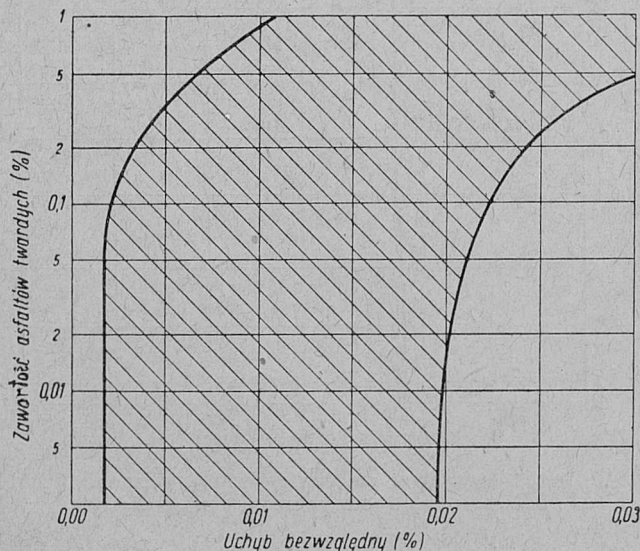


Rys. 7. Zawartość asfaltów twardych: zależność systematycznego uchybu względnego od mierzonej wielkości

Uchyb przypadkowy może pochodzić z zanieczyszczenia próbki substancjami kwaśnymi, z absorpcji dwutlenku węgla z powietrza i ze zmiany oświetlenia w czasie miareczkowania.

7. Zawartość asfaltów twardych (PN/C-04072).

Mianem tym oznacza się procentową zawartość substancji nierozpuszczalnych w benzynie normalnej (wzorcowej). Na rys. 7 i 8 wzięto pod uwagę tylko błędy ważenia, gdyż inne



Rys. 8. Zawartość asfaltów twardych: zależność systematycznego uchybu bezwzględnego od mierzonej wielkości

należy potraktować jako błędy przypadkowe. Dokładność oznaczenia można zwiększyć przez zwiększenie naważki danej próbki.

Przy oznaczeniu należy zwracać uwagę na następujące uchyby przypadkowe:

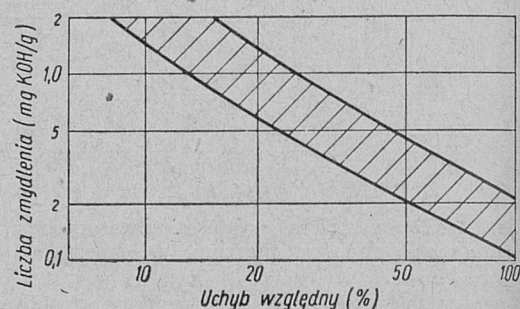
1) nieodpowiednia benzyna normalna zawierająca rozpuszczone czynniki aromatyczne (benzen); benzyna powinna mieć następujące właściwości: ciężar właściwy przy 15° 0,698 — 0,705; granice wrzenia 65 — 95°C; punkt anilinowy nie niższy 58°C; zawartość składników rozpuszczalnych w H₂SO₄ nie więcej 2% obj.;

- 2) niedokładne wymycie substancji rozpuszczalnych;
- 3) zanieczyszczenie benzenu;
- 4) przerzucanie roztworu przy oddestylowaniu.

8. Liczba zmydlenia (PN/C-04069).

Liczba zmydlenia podaje ilość (w miligramach) ługu potasowego potrzebną do zobojętnienia substancji kwaśnych i zmydlenia związków zmydlających się, zawartych w 1 g substancji (rys. 9 i 10).

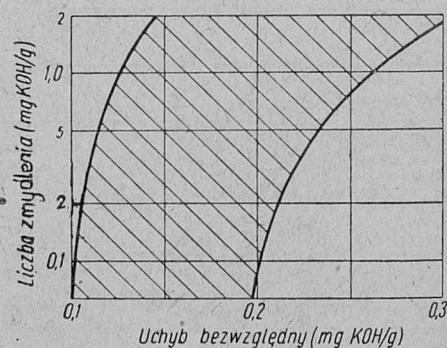
Do uchybów pipetowania i ważenia dochodzą uchyby dwukrotnego miareczkowania. Przy bardzo starannym wykonywaniu



Rys. 9. Liczba zmydlenia: zależność systematycznego uchybu względnego od mierzonej wielkości

niuz oznaczenia można obniżyć uchyb bezwzględny do wartości 0,1 mg KOH/g.

Uchyby przypadkowe są podobne, jak przy oznaczeniu liczby kwasowej. Długość czasu potrzebny do wykonania oznaczenia sprzyja absorpcji dwutlenku węgla.



Rys. 10. Liczba zmydlenia: zależność systematycznego uchybu bezwzględnego od mierzonej wielkości

Uchybami tego samego rzędu, co przy oznaczaniu liczby zmydlenia, jest obciążenie oznaczenia liczbą jodowej.

9. Wnioski.

Biorąc pod uwagę przeciętną ścisłość wykonania, należy wyniki pomiarów poszczególnych właściwości podawać z dokładnością ujętą w tabl. III.

Bezwzględna dokładność oznaczenia jest zależna od wielkości badanej właściwości i jest tym mniejsza, im większa jest wielkość badana.

Żałożenia do opracowania wykresów zamieszczonych w tabeli oparte są na pracach wykonywanych w Instytucie Elektrotechniki — Zakładzie Materiałoznawstwa Elektrycznego (Wrocław).

WŁADYSŁAW ZARUDZKI
geodeta

O konieczności stosowania odpowiednich planów geodezyjnych dla inwestycji energetycznych

Rozwój prac projektowych i budowa wielkich i małych obiektów energetycznych wprzegły do swej służby geodezję. Pierwszym krokiem przy odbudowie zniszczonych obiektów, czy też przy projekcie nowych budowli jest przygotowanie podkładu w postaci planów sytuacyjno-wysokościowych. Pierwszym na placu budowy jest zawsze geodeta, a wyniki jego pracy w postaci planów sytuacyjno-wysokościowych stanowią podstawę do zaprojektowania i realizacji projektu na gruncie.

Dla potrzeb projektów przestrzennych każdego obiektu potrzebny jest przede wszystkim dobry podkład mapowy w różnej skali i o określonych specjalnych wymaganiach, zależnych od założeń samego projektu. Wymaganiami tymi są przede wszystkim jak najbardziej szczegółowe uwydatnienie konfiguracji i rzeźby terenu, wykazanie stopnia i jakości zabudowy, gospodarki nadziemnej i podziemnej, uzbrojenia terenu, budowy i struktury geologicznej podłoża — czasem na dość znacznej głębokości itd. Każdy podkład mapowy, tzw. pierworys, zawsze jest wykreślony na twardym podklejonym na blasze aluminiowej papierze, nie podlegający skurczeniu.

Dalszy etap prac geodezyjnych — to przeniesienie gotowego projektu na grunt. W tej fazie robót wymagana jest od wykonawcy-mienniczego również duża dokładność pomiarów realizacyjnych na placu budowy. W celu wykonania tych zadań zakłada się w terenie tzw. siatkę realizacyjną, do której nawiązana jest cała budowa za pomocą współrzędnych. Siatka realizacyjna oznaczona jest w terenie słupami betonowymi zamocowanymi w ziemi. Wystająca część słupa, tzw. głowica, jest zaopatrzona w blaszkę z miękkiego metalu o wymiarach około 5 cm × 5 cm i w boleć wysokościowy. Usytuowanie siatki realizacyjnej w terenie wykonuje się przy użyciu bardzo dokładnych przyrządów pomiarowych tak, jak przy pomiarach bazy triangulacyjnej, uwzględniając siłę wiatru, temperaturę i inne warunki atmosferyczne. Kąty wyznacza się z dokładnością sekundową. Obliczone i wyrównane metodą najmniejszych kwadratów wyniki pomiarowe oznaczają się rylcem na zabetonowanych blaszkach metalowych z milimetrową dokładnością.

Wszelkie dane do oznaczenia współrzędnych projektowanych budowli można obliczać i określać tylko na pierworysie. Tymczasem w praktyce inwestor i biuro projektowe otrzymują od wykonawcy (przeważnie od przedsiębiorstw mienniczych) nie plany-pierworysy, lecz światłokopie z matryc tych planów. Na takich odbitkach biura projektowe rozwiązują wszystkie zagadnienia koncepcyjne i właściwe projekty, natomiast oryginał (pierworys), sporządzony na twardym, podklejonym na blasze aluminiowej papierze, wykonawca składa w archiwach C. U. G. i K., a matrycę zatrzymuje ewentualnie

u siebie. Pierworys nigdy nie dostaje się do rąk inwestora lub biura projektowego.

Dla studiów szkicowych, projektów wstępnych i tym podobnych prac początkowych podkłady te w formie odbitek są na ogół wystarczające. Można je uznać także za wystarczające dla potrzeb projektowych przy usytuowaniu mniejszych budowli, jak podstacje transformatorowe, linie przesyłowe itp. Natomiast przy projektowaniu i realizacji w terenie budowli wielkich i przy opracowywaniu planów generalnych dla budowli wielkich odbitka z pierworysu przestaje już być podkładem wystarczającym z następujących powodów: a) matryca, z której zrobiono odbitki, deformuje się dość znacznie pod wpływem wilgoci i używania; deformuje się przeto i rysunek na matrycy; b) odbitka ulega własnym zmianom i to często w jeszcze większym stopniu. Gdyby takie zmiany i deformacje miały określony kierunek, można by obliczyć i zastosować odpowiedni współczynnik skurczu papieru itp. korekty. Tymczasem duży arkusz papieru może w jednej części wydłużyć się, a w innej skurczyć i to w różnych kierunkach. Toteż wymiary wzięte z takich podkładów nie są miarami właściwymi i nigdy nie zgodzą się ani z pierworysem, ani z terenem w stopniu wymaganej dokładności.

W obecnej praktyce sprawa może przedstawiać się nawet jeszcze gorzej. Biura projektowe przeważnie otrzymują niewiele odbitek z matrycy pierwszej i dość często zachodzi potrzeba wykonania we własnym zakresie biura matrycy wtórnej, co, oczywiście, może wpłynąć na dalszą deformację planu.

Na budowie często zachodzą również różne zmiany, które się koryguje już na miejscu, traktując nadesłaną dokumentację wykonaną na materiale podlegającym deformacji jako dokumentację pełnowartościową. Skutki takiego stanu rzeczy bywają bardzo kłopotliwe: budynki wychodzą na jezdnie, kable kłóć się z kanałami, stacje transformatorowe zagradzają drogę przewodom wodociagowym itp. Każdy, kto stykał się z większą budową zna dobrze poruszone tu sprawy.

Taki system pracy obniża użytkową wartość dokumentacji, podraża i opóźnia w znacznym stopniu wykonawstwo. Często bywa także przedmiotem niezawinionych zarzutów pod adresem projektanta lub mienniczego. Złe jest przeto pojęcie oszczędności materiału i czasu, potrzebna na wykonanie drugiego egzemplarza pierworysu na papierze twardym i podklejonym na blasze, jako ostatecznego, dokładnego dokumentu sytuacyjno-wysokościowego, albowiem na taki tylko egzemplarz należy wnosć ostateczne rozplanowanie elementów danej inwestycji i taki tylko egzemplarz może być podstawą do zdejmowania z niego wymiarów i oznaczania w terenie do wykonawstwa przy użyciu metody współrzędnych, opartych na siatce realizacyjnej.

Sprawozdanie z działalności SEP za I kwartał 1955 roku

Ogłaszanie co kwartał wyników pracy Stowarzyszenia narażało w r. 1954 na znaczne trudności, których główną przyczyną była niepunktualność w nadsyłaniu sprawozdań przez oddziały oraz nadmiernie rozbudowany arkusz sprawozdawczy, zawierający szereg pytań, na które nie otrzymywano odpowiedzi w sprawozdaniach kół zakładowych. Aby niedomaganie te usunąć, postanowiono zmienić dotychczasowy system: koła miały wypełniać uproszczony wzór sprawozdania z dodatkową kopią, którą oddziały miały przysyłać wraz z informacjami o własnej działalności do Zarządu Głównego. System ten ma jeszcze tę korzyść, że pozwala na oddanie sprawozdań kół bezpośrednio sekcjom, opiekującym się wszystkimi kołami przy zakładach pracy danego ministerstwa.

Niestety, mimo tych ułatwień i mimo przedłużenia terminów nadsyłania sprawozdań nawet poza terminy, wymagane przez NOT, nie osiągnięto znowu dobrych wyników. Podkreślić trzeba jeszcze raz z naciskiem, że przy stałym zaniedbywaniu podstawowego obowiązku każdej organizacji, jakim jest ter-

minowe złożenie sprawozdania ze swych osiągnięć, nie może być mowy o racjonalnym planowaniu pracy.

Za I kwartał 1955 r. sprawozdania miały wpłynąć najpóźniej do 20 kwietnia br. Tymczasem do pierwszych dni maja brak było sprawozdań od 5 oddziałów (Bydgoszcz, Gdańsk, Radom, Wrocław, Zielona Góra). W łącznym zestawieniu przyjęto dla tych oddziałów stan członków z poprzedniego okresu, nie liczono zaś wcale imprez zaplanowanych do wykonania w I kwartale, choć nie ulega wątpliwości, że szereg odczytów, kursów itp. odbył się na ich terenie.

Uzyskane w ten sposób wyniki przedstawione są w tablicy. Widoczny w niej ubytek ogólnej liczby członków (do 98% stanu z 31.12.54 r.) tłumaczy się dalszym skreśleniem osób zalegających ze składkami. Ponieważ równocześnie wzrósł stan członków kół zakładowych, ubytek przypada na członków niezorganizowanych w kołach przy zakładach pracy, najczęściej mało aktywnych. Ubytek ten może być więc oceniony jako zjawisko raczej dodatnie w rozwoju Stowarzyszenia.

Sprawozdanie z działalności SEP za I kwartał 1955 r.

1. Dane ogólne	Początek okresu	Koniec okresu	Stosunek procentowy	
Członkowie	12458	12185	98	
Oddziały	24	25	104	
Koła zakładowe	331	353	106,6	
Członkowie kół	9397	9924	106	
2. Szkolenie	Liczba imprez	Wykonanie planu rocznego (%)	Liczba uczestn.	
Odczyty organ. przez zarz. oddz.	19	17,3	1079	
Odczyty organ. przez koła zakł.	264	29,6	8986	
Kursy organ. przez zarz. oddz.	11	45,8	298	
Kursy organ. przez koła zakł.	108	108,0	1938	
Konferencje lokalne i narady techniczne	228	57,0	5878	
Opieka nad bibliotekami	149	87,6	—	
Wystawy racjonalizatorskie	8	140,0	2200	
Wycieczki zorganiz.	23	19,2	207	
Wycieczki przyjęte	10	50	391	
Prenumerata czasopism	2460*)	51,2	—	
3. Wynalazczość robotnicza i zobowiązania	Liczba	Wykonanie planu rocznego	Liczba uczestn.	Wartość tys. zł.
Brygady robotniczo-inżynierskie	150	60,0	348	—
Członkowie SEP w KTiR	2192	99,6	2192	—
Projekty racjonalizatorskie	661	33,1	—	1110
Zobowiązania indywidualne	970	24,2	970	—
Zobowiązanie zespołowe	604	30,2	985	511

*) Dane z 15 oddziałów; inne nie prowadzą ewidencji.

Z podanego w tablicy procentu wykonania planu widać, że niemal we wszystkich punktach działalności zadania planowane zostały wykonane, a plan został przekroczony. W dwu pozycjach — wystawy racjonalizatorskie i kursy organizowane przez koła zakładowe — w I kwartale przekroczono plan roczny. W stosunku do liczby kursów powstaje wątpliwość, o której była już mowa w poprzednich sprawozdaniach: plan przewiduje zorganizowanie nowych kursów, sprawozdanie zaś zawiera także kursy trwające z poprzedniego okresu.

Aby sprawę kursów wyświetlić, rozestano ankiety dotyczące kursów zorganizowanych przez koła zakładowe w 1954 r. Ankiety te zawierały tylko 5 pytań: nazwa kursu, czas trwania, liczba uczestników zaczynających i kończących kurs, liczba godzin kursu oraz jego koszt. Zdawało się, że udzielenie odpowiedzi na te pytania nie powinno zabrać organizatorom kursu więcej niż kilka minut czasu i cała akcja powinna mieć gładki przebieg. Tymczasem na 207 kursów, wykazanych w sprawozdaniach za rok 1954, ankietki nadesłało tylko o 63 kursach, a z jednego oddziału nadeszło nawet pismo z protestem przeciwko zabieraniu czasu sprawami, które już się odbyły, a więc nie są więcej aktualne! Z 12 oddziałów (w tym kilku najbardziej aktywnych, jak Lublin i Kraków) w ogóle nie przysłało odpowiedzi. Mimo tych

braków z otrzymanych ankietek dadzą się wysnuć dość ciekawe spostrzeżenia:

Organizacja kursów. Prawie wszystkie kursy odbywały się w zakładach pracy i na ich koszt, jednak przy czynnym udziale członków koła zakładowego SEP, którzy spełniali rolę inicjatorów, organizatorów, wykładowców, egzaminatorów, a czasem i słuchaczy kursów.

Tematyka. Większość kursów miała na celu podniesienie kwalifikacji zawodowych monterów różnych specjalności — obsługi urządzeń energetycznych lub teletechnicznych, radiomechaników itp. Dość dużą grupę stanowią kursy bhp; w tym zakresie w kilku kołach przeszkoleni zostali wszyscy członkowie. Spośród innych ciekawszych tematów można wymienić: a) kurs wyważania wirników w kole zakładowym przy Elektrowni Ołowianka (Gdańsk); b) miernictwo elektryczne w kole zakładowym przy ZBiP „Energopomiar” (Gliwice); c) obsługa prostowników rteciovych — 3 koljne kursy w kole zakładowym przy fabryce „Katoda” (Łódź); d) kurs przekątnikowych zabezpieczeń energetycznych w kole zakładowym przy ZEO Wschód (Radom); e) obliczanie i konstruowanie sprawdzianów w kole zakładowym przy fabryce A-17 (Świebodzice); f) podstawowe zagadnienia związane z obliczaniem prądów i mocy zwarcia w kole zakładowym przy „Elektroprojekcie” (Stalinogród); g) projektowanie rurociągów w elektrowni (Oddz. Zagł. Węglowego); h) nadzór inwestycji w terenie.

Czas trwania kursu waha się w bardzo szerokich granicach. Najkrócej, bo tylko 1 dzień trwał kurs dla monterów obwodów wtórnych w Przedsiębiorstwie Budowy Sieci El. w Stalinogrodzie; przeszło rok trwa już kurs radiomechaników w Morskiej Obsłudze Statków w Gdyni. Trwa też kurs, na który już poświęcono 624 godziny wykładów, jest to kurs podnoszenia kwalifikacji konstruktorów w Zakładzie M-9 w Świdnicy. Przeciętny kurs dla monterów bez odrywania ich od pracy zawodowej trwa 3½ miesiąca i zajmuje w tym czasie około 40—50 godzin. Były jednak organizowane także kursy z oderwaniem słuchaczy od pracy, a niektóre z nich nawet bardzo silnie absorbowały uczestników, np. w Jeleniej Górze kurs dla monterów trwał 70 godzin w ciągu 8 dni, w Radomiu podobny kurs trwał 50 godzin w ciągu 5 dni, w „Katodzie” odbyły się 2 kursy obsługi prostowników po 124 godziny w ciągu 2 tygodni.

Liczba uczestników. Najwięcej słuchaczy, bo 117, było na kursie bhp urządzonym przez koło przy Zakładzie Sieci Energet. w Poznaniu. Najmniejszą liczbę — 8 uczestników — wykazały kursy dla telemonterów w Częstochowie i monterów pomp głębinowych w Łodzi.

„Odsiew” słuchaczy. Na wielu kursach wszyscy słuchacze zgłoszeni na początku dotrwali do końca, ale są też kursy, które ukończyła zaledwie połowa słuchaczy: w „Ołowiance” (Gdańsk) zaczęło kurs 15, a skończyło 7 osób, w Bielsku kurs racjonalnej gospodarki energią elektryczną w zakładach przemysłowych ukończyło 20 spośród 30 zgłoszonych uczestników.

Koszt jednej kursogodziny wynosił wahał się między 12,50 zł lub 18 zł. Było jednak kilka kursów m. in. wspomniany kurs projektowania rurociągów w elektrowni w Stalinogrodzie, które były kilkakrotnie droższe. Koszt kursu pokrywał z reguły zakład pracy. Wyjątek stanowią kursy obsługi prostowników zorganizowane przez koło przy fabryce „Katoda” w Łodzi, opłacane przez samych słuchaczy przy pewnej subwencji ze strony NOT.

Ankiety, dotyczące kursów przy kołach zakładowych, przekazane będą do sekcji jako materiał do ewentualnego wykorzystania przy inicjowaniu nowych kursów o podobnej tematyce w innych ośrodkach. Wymiana doświadczeń w tym zakresie może na pewno przynieść korzystne rezultaty.

Komisja wykorzystania energii wiatru SEP

W ramach prac nad rozwojem małej energetyki powstała w ub. roku przy Zarządzie Głównym Stowarzyszenia Elektryków Polskich Komisja wykorzystania energii wiatru. Zadaniem tej Komisji jest inicjowanie prac w zakresie silników wiatrowych oraz organizowania stacji doświadczalnych urządzeń wiatrowych, jak ośrodków naukowo-badawczych i popularyzowania silnika wiatrowego dla potrzeb rolnictwa.

Przewodniczącym Komisji jest inż. Mieczysław Gajewski sekretarzem inż. Jerzy Kubiatoński.

SEP prosi o zgłaszanie do Komisji aktualnych zagadnień małej energetyki, związanych z wykorzystaniem energii wiatru do opiniowania względnie opracowywania w ramach działalności Komisji.

PRZEGŁĄD DOKUMENTACYJNY ELEKTROTECHNIKI

opracowany przez OŚRODEK DOKUMENTACJI ELEKTROTECHNIKI

Dodatek do miesięcznika PRZEGŁĄD ELEKTROTECHNICZNY

Rocznik 7

Warszawa, lipiec 1955 r.

Nr 7

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

Maszyny elektryczne

306* 621.313.3:621.316.717 D1
 Provaznik Fr.: **Rozdział energii przy rozruchu asynchronicznym silnika indukcyjnego lub synchronicznego.** „Rozłożenie energie při asynchronnim spouštění indukčního a synchronního motoru”. Elektrotechn. Obz., Praha, mies., Nr 10, paźdź, 53, s. 533; A4, 6 str., 5 wyk., 4 tabl. — Zależności, określające rozdział energii doprowadzonej z sieci na mechaniczną i cieplną, wywiązującą się w silniku przy rozruchu. Obliczenie zapotrzebowania energii na rozruch z uwzględnieniem charakterystyk momentu silnika i napędzanej przezeń maszyny. Przybliżone metody obliczeń, analityczne i wykresne.

307* 621.313.323:621.316.717:621.313.332 D1
 Provaznik Fr.: **Uruchamianie silników synchronicznych przy pomocy prądnicy indukcyjnej.** „Spouštění synchronních motoru indukčním generátorem”. Elektrotechn. Obz., Praha, mies., Nr 1, stycz. 54, s. 15; A4, 8,5 str., 1 rys., 11 wyk. — Analiza przebiegów w układzie silnik synchroniczny—prądnica indukcyjna przy rozruchu częstotliwościowym. Wykresy pracy układu. Obliczenie przebiegu rozruchu częstotliwościowego silnika synchronicznego 16 MW, 3000 obr/min i porównanie otrzymanych wyników z pomiarami. Wnioski dotyczące dopuszczalnej prędkości rozruchu.

308* 621.313.323:621.316.717:621.313.332 D1
 Lammeraner J.: **Rozruch silnika synchronicznego przy pomocy prądnicy asynchronicznej.** „Spouštění synchronního motoru asynchronním generátorem”. Elektrotechn. Obz., Praha, mies., Nr 1, stycz. 54, s. 10; A4, 4,5 str., 2 rys., 4 poz. bibl. — Analiza rozruchu częstotliwościowego silnika synchronicznego w przypadku zastosowania prądnicy asynchronicznej jako źródła prądu o zmiennej częstotliwości. Podstawy obliczania urządzeń rozruchowych. Przykład obliczenia rozruchu częstotliwościowego silnika synchronicznego 16 MW, 3000 obr/min, 6000 V.

309* 61.313.333.025.3:621.3.064 D1
 Kulda J.: **Przebiegięcia łączeniowe w silnikach trójfazowych.** „Přepětí v trojfázových motorech při zapínání a vypínání”. Elektrotechn. Obz., Praha, mies., Nr 1, stycz. 54, s. 53; A4, 1,5 str., 7 rys., 1 poz. bibl. — Fale prostokątne wytwarzające się przy włączaniu silników. Wartości napięć i przebiegi fal, przykłady dla silników 6,3 kV. Wpływ ilości kabli przyłączonych równolegle. Przebiegięcia przy wyłączaniu, zależność od L i C. Oporność falowa rzędu 1 kΩ. Uwagi do artykułu francuskiego z 1953 r.

Transformatory

310* 621.314.2.001.24:621.3.014.3 D1
 Picchi M.: **O określaniu napięć zwarcia transformatorów trójuzwojeniowych.** „Sulle prove in certe circuiti dei trasformatori a tre avvolgimenti”. L'Energia Elettrica, Milano, mies., Nr 7, lip. 53, s. 436; A4, 7,5 str., 7 rys., 3 wyk., 3 tabl., 43 poz. bibl. — Schemat zastępczy transformatorów 3-uzwojeniowych, obliczanie oporności Z, X, R schematu zastępczego. Analiza dokładności metody „klasycznej” w przypadku gdy $X_2 \approx 0$. Metoda bezpośredniego określania R i X. Wyniki pomiarów oporności metodą „klasyczną” i metodą bezpośrednią transformatorów 190/190/190 V — 6,6/6,6/6,6 kVA, 70/10/150 kV — 30/30/30 MVA, $\frac{115,5}{\sqrt{3}}$ / $\frac{220}{\sqrt{3}}$ kV — 20/20/20 MVA. Zalety metody bezpośredniej w porównaniu z metodą „klasyczną”. Praktyczne możliwości stosowania metody bezpośredniej.

311* 621.314.212:621.3.017.72 D1
 Hapl J.: **Chłodzenie transformatorów olejami syntetycznymi.** „Chlazení transformátorů syntetickými oleji”. Elektrotechn. Obz., Praha, mies., Nr 11, list. 53, s. 632; A4, 3 str., 2 rys., 3 wyk., 2 tabl., 3 poz. bibl. — Porównanie chłodzenia transformatorów przy użyciu olejów mineralnych i niepalnych olejów syntetycznych. Właściwości olejów syntetycznych ważne dla ich charakterystyki jako środków chłodzących (gęstość, stała dielektryczna, napięcie przebicia, palność itp.). Analiza porównawcza naprężeń dielektrycznych transformatorów chłodzonych olejem mineralnym i pyralenem (olej syntetyczny).

312* 621.314.222.6 D1
 Vecheč V., Staněk J.: **Transformatory 220/110 kV przedsiębiorstwa państwowego CKD Stalingrad.** „Transformátory 220/110 kV nár. podniků CKD Stalingrad”. Elektrotechn. Obz., Praha, mies., Nr 9, wrzes. 53, s. 504; A4, 6 str., 8 rys. — Zasady konstrukcji transformatora trójuzwojeniowego jednofazowego 220/110/10 kV. Transformator trójfazowy 100 MVA z regulacją po stronie 220 kV jako zespół 3 jednofazowych i jednego regulacyjnego trójfazowego. Oszczędność rezerwy. Izolacja uzwojeń transformatora. Zasady regulacji napięcia. Badania oleju transformatorowego. Układ do badań udarowych (uzwojenie 220 kV, udar 1050 kV, uzwojenie 110 kV — udar 550 kV), generator 1,5 MV. Uwagi o transporcie transformatora.

313* 621.314.222.6—712 D1
 Albright W. D.: **Nowoczesne sztuczne chłodzenie powietrzne transformatorów mocy.** „Modern forced-air cooling of power transformers”. Electr. Engng., New-York, mies., t. 72, Nr 12, grud. 53, s. 1071; A4, 4,5 str., 6 fot., 1 rys., 2 poz. bibl. — Zastosowanie wentylatorów pozwala zwiększyć obciążalność transformatorów do około 130%. Metody instalowania wentylatorów. Wymagania stawiane wentylatorom: odpowiednia wydajność, dopuszczalny poziom hałasu, szybkość, tłumienie drgań, wodoszczelność konstrukcji, łatwość włączania. Urządzenia kontrolne, przekaźniki termiczne w oleju transformatora.

Linie napowietrzne

314* 621.315.171:621.3.056 D1
 Dvořáček E.: **Pomiary zwisu linii przesyłowych.** „Měření průhybu veukovných vodičů”. Elektrotechn. Obz., Praha, mies., Nr 3, marz. 54, s. 161; A4, 2,5 str., 8 rys., 4 poz. bibl. — Opis kilku prostych metod wyznaczania zwisu przewodów linii będącej w eksploatacji. Przybory stosowane przy pomiarach szacunkowych i dokładnych. Wyniki doświadczeń radzieckich i czeskich.

Półprzewodniki

315* 621.315.592:546.289 D1
 Malsch J., Rothe H.: **O znaczeniu i stanie rozwojowym transistorów.** „Über die Bedeutung und den technischen Stand der Transistoren”. ETZ-B, Wuppertal, mies., Nr 1, stycz., 54, s. 11; A4, 3,5 str., 3 rys. — Transistory a lampy elektronowe. Zalety transistorów i przyczyny niepowodzeń urządzeń z transistorami. Przewodność elektryczna germanu. Rodzaje transistorów i ich budowa. Trudności produkcji transistorów. Zabezpieczenie transistorów od wpływów zewnętrznych. Przyczyny nieprodukowania transistorów w Niemczech Zachodnich. Charakter produkcji transistorów w Stanach Zjednoczonych, wielkość produkcji w 1952 r.

Izolatory

316* 621.317.333:621.315.62 D1
 Gaillet M. B.: **Kontrola stanu izolatorów w liniach energetycznych.** „Le contrôle de l'état diélectrique des isolateurs sur les lignes de transport d'énergie à haute tension”. Bull. Soc. franc. Electr., Paris, mies., Nr 33, wrzes. 53, s. 562; A4, 8 str., 6 poz. bibl. — Badania profilaktyczne izolatorów w liniach wysokiego napięcia podczas eksploatacji. Podział na badania przy linii wyłączanej i pracującej. Metody prób napięciowych, pomiaru oporności, pomiaru rozkładu napięć, pomiarów radio-defektoskopowych i elektroakustycznych. Dyskusja zalet poszczególnych metod.

Słupy

317* 621.315.66.001.24 D1
 List V.: **Najwłaściwsze wymiary słupów.** „Optimální rozměry stožárů”. Elektrotechn. Obz., Praha, mies., Nr 7/8, lip. sierp. 53, s. 364; A4, 4 str., 3 rys., 4 tabl., 2 poz. bibl. — Wyniki obserwacji z sześcioletniej eksploatacji dotyczących szybkości wiatru, opadów i innych czynników atmosferycznych wpływających na rozmiary słupów. Wyznaczanie rozmiarów ekono-

micznie uzasadnionych na zasadzie prawdopodobieństwa ich uszkodzenia. Posługiwanie się wykresami ze skalą półlogarytmiczną. Wyniki dla słupów stalowych i różnych dopuszczalnych naprężeń w przewodach.

318* 621.315.668.2 D1
Perlin B., Karmasin M.: **Konstrukcja fundamentów słupów stalowych linii wysokich i najwyższych napięć.** „Konstrukce základů železných stožárů pro elektrovody vn a vvn”. Elektrotechn. Obz., Praha, mies., Nr 3, marz. 53, s. 155; A4, 6 str., 14 rys., 2 tabl., 9 poz. bibl. — Wady i zalety betonowych fundamentów (techniczne i ekonomiczne). Różne typy fundamentów stosowanych w Niemczech, Szwecji, Szwajcarii, Austrii, itd., porównania z fundamentami czeskimi i nowymi konstrukcjami radzieckimi. Celowość stosowania fundamentów żelazobetonowych prefabrykowanych.

Złącza

319* 621.315.68:621.315.53 D1
Harrison H. R., Honebrink R. W.: **Badanie złązek dla aluminiowych przewodów napowietrznych.** „Investigation of power connectors for use outdoors with aluminium conductors”. Electr. Engng., New-York, mies. t. 72, Nr 5, maj 53, s. 393; A4, 4 str., 3 fot., 5 rys., 1 tabl. 2 poz. bibl. — Porównanie własności styków o powierzchni gładkiej i pokarbowanej. Wpływ wilgotności na korozję. Własności różnych złązek złożonych dla połączeń przewodów aluminiowych z przewodami z innych metali. Wpływ wielokrotnych zmian temperatury na własności styków.

Sieci i podstacje

320* 621.316.13:621.316.722.077.8 D1
Mäkel F. J., Waldmann E.: **Zastosowanie kondensatora szeregowego w sieci wiejskiej 10 kV do kompensacji spadków napięcia.** „Anwendung eines Reihenkondensators zur Spannungsstützung in einem 10 kV-Uberlandnetz”. Elektrizitätswirt., Frankfurt a/Main, dwutyg., Nr 7, kw. 54, s. 177; A4, 6,5 str., 11 rys. — Opis sieci 10 kV na słupach betonowych i drewnianych z przewodami aluminiowymi zasilanej z linii 50 kV. Środki zmierzające do poprawy napięcia w sieci (nowy punkt zasilający, regulacja napięcia, kondensator równoległy do poprawy współczynnika mocy, kondensator szeregowy do kompensacji spadku napięcia na linii). Porównanie kosztów zastosowania, zalety kondensatorów. Zasada działania, sposób zainstalowania kondensatorów w sieci.

321* 621.3.015.33:621.316.267 D1
Chůra V.: **Przebiegi udarowe w rozdzielniach.** „Rázové pochoďy v rozvodnách”. Elektrotechn. Obz., Praha, mies., Nr 5, maj 53, s. 294; A4, 2 str., 4 rys., 2 poz. bibl. — Próby rozwiązania zagadnienia fali wędrowniej nadbiegającej z linii do stacji przelotowej o wielu odgałęzieniach. Przebiegi falowe na poszczególnych elementach stacji przy założeniu fali prostokątnej, przykład liczbowy. Celowość zastosowania rachunku operatorowego opartego na przekształceniu Laplace'a.

Wyłączniki

322* 621.316.5:621.3.064 D1
Evans B., Killgore C. L.: **Próby, dane znamionowe oraz zastosowanie wyłączników mocy.** „Considerations in testing, rating and application of power circuit breakers”. Trans. amer. Inst. electr. Engrs, New-York, t. 71, cz. 3, 1952, s. 32; A4, 8,5 str., 4 fot., 1 rys., 11 wykrr., 2 tabl., 15 poz. bibl. — Wyniki prowadzonych w ostatnich latach prób wyłączników. Zjawiska występujące w wyłącznikach mocy przy zwarciach (energia łuku, moc łuku dla symetrycznych i asymetrycznych prądów zwarciowych). Napięcia powrotne na stykach wyłączników. Dobór danych znamionowych wyłączników. Wyniki z eksploatacji wyłączników — wyłączanie prądu ładowania linii przy wypadnięciu z synchronizmu wyłącznie w czasie normalnej pracy. Proponowane poprawki norm ASA na wyłączniki mocy.

323* 621.3.064:621.316.57 D1
Štědrý B.: **Samoczynne ponowne załączanie w sieciach najwyższych napięć.** „Opětné zapínání v sítích vvn”. Elektrotechn. Obz., Praha, mies., Nr 2, luty 53, s. 93; A4, 4,5 str., 8 rys. — Cel i zasada działania urządzenia SPZ w sieci. Wyniki badania zwarć w eksploatacji, uwagi o skuteczności działania SPZ. Dyskusja projektu zastosowania SPZ w sieci 100 kV z ekonomicznego i technicznego punktu widzenia.

324* 621.316.57.064.24:621.3.064.3 D1
Frey F.: **Próby mocy wyłączalnej wyłącznika powietrznego 60 kV, 1000 A, 1500 MVA.** „Schaltleistungsprüfungen an

einem Druckausgleichschalter 60 kV, 1000 A, 1500 MVA”. Elektrizitätswirt., Frankfurt a/Main, dwutyg., Nr 7, kw. 54, s. 184; A4, 2 str., 4 rys., 3 tabl. — Dane znamionowe i konstrukcja wyłącznika. Wyniki prób zwarciowych przeprowadzonych we Francji (do 1000 MVA). Działanie w sieci skompensowanej i w sieci z mierzonym punktem zerowym, czasy własne wyłącznika, przebieg gaszenia, częstotliwość drgań napięcia powrotnego. Badania jedno- i trójbiegunowe przebiegów łączeniowych.

325* 621.316.57.064.25 D1
Morgan L. (i inni): **Próby polowe na małoolejowych wyłącznikach 135 kV i 3500 MVA.** „Field tests on 135 kV 3 500 000 kVA low-oil-content circuit breakers”. Trans. amer. Inst. electr. Engrs, New-York, t. 71, cz. 3, 1952, s. 938; A4, 8 str., 3 fot., 5 rys., 4 wykrr., 2 tabl., 8 poz. bibl. — Wyłącznik małoolejowy 135 kV o mocy wyłączalnej 3500 MVA z wbudowanym przekładnikiem prądowym produkcji szwajcarskiej (Oerlikon), Opis konstrukcji. Próby przeprowadzone i ich wyniki.

326* 621.316.57.064.25 D1
Baker B. P., Cushing G. B.: **Ultraszybki olejowy wyłącznik na 161 kV, 10 000 MVA o wielokrotnym powtórny załączaniu.** „High speed multiple reclosing oil circuit breaker for 161 kV 10 000 MVA”. Trans. amer. Inst. electr. Engrs, New-York, t. 71, cz. 3, 1952, s. 22; A4, 7 str., 6 fot., 1 rys., 24 wykrr., 3 poz. bibl. — Nowoczesny trójfazowy wyłącznik olejowy na napięcie 161 kV i prąd znamionowy 1200 A o mocy wyłączalnej 10 000 MVA (prąd wyłączalny 36 kA). Opis konstrukcji układu przerywającego. Stosowane metody amortyzacji uderzeń mechanicznych na izolatory wspierające, występujące w chwili wyłączania. Mechanizm napędowy. Próby działania wyłącznika i ich wyniki.

Regulacja

327* 621.876:621.316.71 D1
Hrubý J.: **Regulacja maszyn wyciągowych prądu stałego przy pomocy regulatorów statycznych.** „Řízení stejnosměrných těžných strojů statickými regulatory”. Elektrotechn. Obz., Praha, mies., Nr 5, maj 53, s. 262; A4, 5 str., 6 rys., 3 wykrr., 4 poz. bibl. — Nawigując do pracy J. Hrušy (Elektrotechnický Obzor, Nr 20/24, grud. 51) omówiono zasadę regulacji i wady maszyn wyciągowych bez bocznikowania oraz zastosowanie statycznych regulatorów na zasadzie konstrukcji firmy Brown-Boveri. Opis układu regulacyjnego najnowszego systemu, „Rapid-Exact”, wykorzystującego regulatory statyczne.

Urządzenia zabezpieczające i ochronne

328* 621.316.923 D1
Hassencamp C., Horst A.: **Nowoczesne wieloprądowe bezpieczniki niskonapięciowe i ich podstawy.** „Neuzeitliche Niederspannungs-Hochleistungsicherungen und Unterteile”. Elektrizitätswirt., Frankfurt a/Main, dwutyg., Nr 2, stycz. 54, s. 37; A4, 2,5 str., 6 rys., 1 tabl. — Badania bezpieczników prądem większym od znamionowego (przebieg badań, zalecany przebieg spadku napięcia i temperatury bezpieczników). Nagrzewanie przy różnych wartościach prądu. Oscylogramy charakteryzujące przebieg działania bezpieczników (czas rzędu 1 m/sek przy prądach rzędu kilkudziesięciu kA). Wykonanie podstaw, materiał, styki, izolacja.

329* 621.316.93:551.594.221 D1
Mc Eachron K. B.: **Piorun — niebezpieczeństwo dla układów elektroenergetycznych.** „Lightning — a hazard to electric systems”. Trans. amer. Inst. electr. Engrs, New-York, t. 71, cz. 3, 1952, s. 977; A4, 5 str., 3 wykrr., 1 tabl., 25 poz. bibl. — Artykuł zbiorczy omawiający przepięcia atmosferyczne i metody ochrony odgromowej w układach elektrycznych. Dane statystyczne bezpośrednich uderzeń piorunów i ich wartości oraz przepięć indukowanych. Metody ochrony odgromowej.

Miernictwo elektryczne

330* 621.3.013.78:621.317.7 D1
Rohrer H.: **Ekranowanie pomieszczeń pomiarowych i mierników od pól elektromagnetycznych.** „Abschirmung von Messräumen und Messgeräten gegen elektromagnetische Felder”. Bull. SEV, Zürich, dwutyg., Nr 1, stycz. 54, s. 19; A4, 1 str., 1 rys., 3 wykrr., 1 poz. bibl. — Dwa zasadnicze sposoby zabezpieczania przyrządów przed polem elektromagnetycznym (ekranowanie źródeł pól lub przyrządów). Ekranowanie przy pomocy osłon z materiałów o wysokiej przenikalności magnetycznej. Skuteczność ekranowania przy pomocy siatek drucianych z miedzi i żelaza. Wytyczne budowy pomieszczeń ekranowanych.

Elektrostatyka

331* 621.319.74:537.56 D1
Beach R.: **Próby urządzeń zabezpieczających przed napięciami elektrotechnicznymi dla zastosowań w przemyśle.** „Tests of electrostatic controls for hazardous industrial applications”. Trans. amer. Inst. electr. Engrs., New—York, t. 71, cz. 2, 1952, s. 1; A4, 11 str., 2 fot., 3 rys., 7 wyk., 13 poz. bibl. — Opis zasady działania oraz konstrukcji kilku typów neutralizatorów (urządzeń neutralizujących), służących do zapobiegania powstawania napięć statycznych niebezpiecznych dla pracowników oraz grożących wywoływaniem pożaru lub wybuchu przy przeskoku. Zasada działania polega na jonizowaniu powietrza, które zubożnia powstające ładunki statyczne. Opis przeprowadzonych prób. Praktyczne zastosowanie w przemyśle.

332* 621.319.74:614.838 D1
Geck W. A.: **Pyły wybuchowe powstające w miejscach produkcji przemysłowej.** „Exposable Industriestaube in ihrer betrieblichen Umwelt”. Z.VDI, Düsseldorf, 3 razy w miesiącu, t. 95, Nr 10, kw. 53, s. 290; A4, 3 str., 2 wyk. — Statystyka wypadków w przemyśle, spowodowanych wybuchami pyłów substancji takich jak cukier, drewno, włókna, różne środki chemiczne itp. Dyskusja uniknięcia niebezpieczeństwa wybuchu. Znaczenie ładunków elektrostatycznych i ich zwalczanie drogą racjonalnego uziemiania niebezpiecznych części.

333* 621.319.74:725.519.2 D1
Beach R.: **Zabezpieczenia od elektryczności statycznej w szpitalnych salach operacyjnych.** „Electrostatic safety for hospital operating rooms”. Electr. Engng., New—York, t. 72, Nr 4, kw. 53, s. 329; A4, 6 str., 2 rys., 3 poz. bibl. — Przyczyny powstawania ładunków elektrostatycznych w salach operacyjnych. Niebezpieczeństwo powstania wybuchu w zanieczyszczonej atmosferze sali operacyjnej od iskry spowodowanej elektrycznością statyczną. Graniczne wartości napięcia, prądu i czasu trwania wyładowania mogącego spowodować wybuch. Sposoby zabezpieczające — podłoga przewodząca. Dobór oporności takiej podłogi, pomiary tej oporności. Alarmujący wskaźnik zaistnienia niebezpiecznych potencjałów.

Oświetlenie elektryczne

334* 621.32:625.2 D1
Schön L., Höwer Th.: **Nowy system oświetlenia pociągów.** „Eine neue Zugbeleuchtung”. ETZ—A, Wuppertal, dwutyg., Nr 2, stycz. 54, s. 51; A4, 4 str., 10 rys. — Wady oświetlenia pociągów przy zastosowaniu jako źródła prądu generatorów prądu stałego. Warunki, którym powinno odpowiadać oświetlenie pociągów. Zasilanie z generatorów prądu zmiennego z zastosowaniem prostowników suchych. Zalety tego systemu i zasada działania. Doświadczenia z dwuletniej pracy tego systemu oświetlenia. Schematy.

Trakcja elektryczna

335* 621.331:625.1/2 D1
Birkhofer A.: **Niemiecka wystawa komunikacyjna — Monachium 1953.** „Die Deutsche Verkehrsausstellung München 1953”. Elektr. Bahnen, München, mies., Nr 11, list. 53, s. 273; A4, 3 str., 5 fot., 1 rys., 1 wyk., 1 tabl. — Osiągnięcia trakcji elektrycznej zaprezentowane na wystawie. Lokomotywy E10001 i E10003 niemieckich kolei związkowych. Omówienie zasadniczych parametrów technicznych lokomotyw serii E10000 w różnym wykonaniu. Tabor specjalny — wagony rewizyjne. Nowe konstrukcje sieciowe. Porównanie kosztów eksploatacji różnych systemów trakcji elektrycznej.

336* 621.332:621.3.083.7:621.341.16 D1
Rosinus F.: **Urządzenia do pomiarów zdalnych w południowo-niemieckiej sieci kolejowej.** „Die Fernmesseinrichtungen im süddeutschen Bahnstromnetz”. Elektr. Bahnen, München, mies., Nr 12, grud. 53, s. 297; A4, 6 str., 2 fot., 5 rys. — Zagadnienie współpracy zakładów energetycznych zasilających sieć kolejową poprzez sieć WLN prądu zmiennego. Rozdział obciążeń i dyspozycja mocy wymaga rozwiązania szeregu zagadnień z dziedziny telemetrii. Pomiar zdalny szeregu wielkości elektrycznych. Schemat blokowy jednego z ośrodków. Opis stosowanych przyrządów. Schemat i opis urządzeń impulsowych nadawczych i odbiorczych. Zastosowanie i schematy połączeniowe na sieci 110 kV.

337* 621.335.42 D1
Vossius K.: **Zagadnienie ujednolicenia nowoczesnych wagonów tramwajowych.** „Zur Vereinheitlichung von Strassenbahn-Grossraumwagen”. Verkehr u. Technik, Berlin, mies., Nr 6,

czerw. 53, s. 158, Nr 8, sier. 53, s. 243; A4, 3,5 str., 19 rys. — Opis urządzeń i wyposażenia wagonów typowanych jako rozwiązanie normalne dla miast zachodnio-niemieckich. Historia rozwoju dotychczasowego, historia unifikacji. Rozplanowanie wnętrza, napędy, ustawienie kierowcy. Podane obszernie zestawienie przyrządów sterujących w kilkunastu wagonach niemieckich oraz porównanie. Wytyczne dla dalszych prac.

Zastosowanie elektrotechniki w przemyśle

338* 621.34:66 D1
Friel A. C., Smith J. P.: **Zasilanie elektryczne dla dużego zakładu przemysłu chemicznego.** „Electric power supply for a large chemical plant”. Trans. amer. Inst. electr. Engrs, New—York, t. 71, cz. 2, 1952, s. 83; A4, 7 str., 12 fot., 1 rys., 1 wyk., 1 tabl. — Przemysłowy system elektroenergetyczny w dużym zakładzie chemicznym. Elektrownia własna — maszyny, napęd. Sieć rozdzielcza oraz rozdzielnie. Izolacja sieci. Oddziaływanie zanieczyszczeń chemicznych w atmosferze oraz powzięte kroki zaradcze.

339* 621.34:621.97 D1
Soukenik J.: **Napęd elektryczny zgniatacza.** „Elektrický pohon blokovny”. Elektrotechn. Obz., Praha, mies., Nr 1, stycz. 53, s. 13; A4, 14,5 str., 2 fot., 11 rys., 5 wyk., 9 poz. bibl. — Ogólne omówienie warunków pracy zgniatacza i wytyczne jego projektowania. Problemy napędu: rozruch silników i metody jego skrócenia, synchronizacja biegu silników (przy napędzie wałków osobnymi silnikami), zjawiska dynamiczne i ich wpływ na pracę napędu. Zagadnienie doboru aparatury regulacyjnej, sterowniczej i zabezpieczeniowej. Dobór maszyn napędowych i ich współpraca z kołem zamachowym. Porównanie rozwiązań napędowych szeregu firm, jak Siemens, Westinghouse, Brown-Boveri, Škoda. Najnowsze osiągnięcia w tej dziedzinie.

340* 621.34:622.66—83 A1
Kopalnia Zagłębia Cévennes. **Grupy południowe w Alès. Maszynna wyciągowa szymbu Festival.** „Houillères du Bassin des Cévennes. Groupes sud à Alès. Machine d'extraction du Puits Festival”. Rev. Electr. Mecan., Paris, kwart., Nr 94, lip.-wrzes. 53, s. 55; A4, 2 str., 2 fot. — Dane o maszynie wyciągowej z tarcz Koëpe zmontowanej w czerwcu 1951 r. Głębokość szybu 789,5 m, szybkość maksymalna 16 m/sek. Dwa silniki po 1275 HP, 43,5 obr/min., zasilane szeregowo z prądnicy 2050 kW napędzanej silnikiem asynchronicznym 2700 HP, 5000 V. Zespół zmontowany w układzie Ilgnera pracuje obecnie bez koła zamachowego.

341* 621.34:621.944.34 D1
Mathiot H.: **Wyposażenie elektryczne nawrotnych walcarek na zimno.** „L'équipement électrique des laminoirs réversibles à froid”. Rev. Electr. Mecan., Paris, kwart., Nr 93, kw.-czerw. 53, s. 3; A4, 16 str., 10 fot., 1 poz. bibl. — Zadania i typy nawrotnych walcarek na zimno. Wymagania stawiane napędowi walcarek. Schematy obwodów elektrycznych i zdjęcia maszyn napędowych. Moce, napięcia i obroty stosowanych maszyn. Zastosowanie amplitdyn dla regulacji naciągu. Kompensacja bezwładności mechanicznej oraz promienia nawijania. Układy sterowania.

Elektrotermia

342* 621.305.631.181.63:621.565.923 D1
Gerlach F.: **Elektrotermia w przemyśle, rzemiośle i w rolnictwie. Pompy ciepłe i chłodziarki.** „Elektrowärmetechnik in Industrie, Gewerbe und Landwirtschaft. Wärmepumpe und Kältemaschine”. Elektrowärmetechnik, Mindelheim, dwumies., Nr 5, sier. 53, s. 116; A4, 1 str., 4 fot. — Opis zasady działania i budowy pompy ciepłej. Budowa i działanie elektrycznej chłodziarki. Wskaźniki. Zastosowania.

343* 621.365.5:621.365.92 D1
Gerlach F.: **Elektrotermia w przemyśle, rzemiośle, rolnictwie. Piece i urządzenia do nagrzewaniem indukcyjnym i pojemnościowym.** „Elektrowärmetechnik in Industrie, Gewerbe und Landwirtschaft. Ofen und Geräte mit Induktiver und kapazitiver Erwärmung”. Elektrowärmetechnik, Mindelheim, dwumies., Nr 5, sier. 53, s. 114; A4, 2,5 str., 8 fot. — Źródła energii wielkiej częstotliwości — generatory maszynowe — do 10 kHz oraz lampowe — powyżej 10 kHz. Opis urządzeń do topienia metali. Uniwersalne hartownice. Wskaźniki. Zastosowanie nagrzewania pojemnościowego w produkcji tworzyw sztucznych. Opis urządzeń stosowanych do podgrzewania bakelitów. Opis urządzeń do spajania materiałów z polichlorku winylu. Urządzenia do suszenia i klejenia drewna. Fotografie.

344* 621.365.5:621.316.727 D1
Werner Scheibe: **Piece indukcyjne z kompensacją mieszaną — szeregowo-równoległą**. „Induktionsofen mit gemischter Serien-Parallel-Kompensation”. Elektrowärmetechnik, Mindelheim, dwumies., Nr 6, grud. 53, s. 133; A4, 2 str., 5 rys. — Porównanie dwóch metod kompensacji mocy biernej pieców indukcyjnych. Dotychczasowa metoda polegająca na włączaniu w obwód pieca o równoległej oporności pojemnościowej. Nowa metoda polegająca na zastosowaniu w obwodzie pieca oporności pojemnościowej szeregowo i równoległej. Wykresy wektorowe oporności pieca przy obu metodach kompensacji.

345* 621.369.5 D1
Werner G.: **Elektryczne urządzenia grzejne w gospodarstwie domowym**. „Elektrowärmegeräte für den Haushalt”. Elektrowärmetechnik, Mindelheim, dwumies., Nr 5, sier. 53, s. 117; A4, 8 str., 16 fot. — Nowe typy kuchni elektrycznych dużej mocy z wielostopniową regulacją. Termoregulatory stosowane do domowych urządzeń grzejnych. Warniki elektryczne, lodówki. Pralki i ogrzewacze wewnętrzne. Drobne urządzenia. Opis budowy, zasada działania, fotografie.

621.384.3 D1
Gerlach F.: **Elektrotermia w przemyśle, rzemiośle i w rolnictwie. Nagrzewanie podczerwienią**. „Elektrowärmetechnik in Industrie, Gewerbe und Landwirtschaft. Infraroterwärmung”. Elektrowärmetechnik, Hannover, dwumies., Nr 5, sier. 53, s. 112; A4, 2 str., 8 fot., 1 tabl. — Różne rodzaje promienników. Zastosowanie do ogrzewania wnętrza. Laboratoryjne zastosowanie podczerwieni. Urządzenie do klejenia w przemyśle obuwicznym z zastosowaniem nagrzewania promiennikowego. Inkubatory i suszarki ziarna ogrzewane podczerwienią. Suszarki do lakierów. Zastosowanie podczerwieni do suszenia tkanin. Porównanie czasów suszenia konwekcyjnego i promiennikowego. Inne wskaźniki dotyczące metody i urządzeń. Fotografia.

347* 621.384.3:621.369.3 D1
Fourné F.: **Promiennikowe ogrzewanie wnętrza podczerwienią**. „Infrarot Raumheizung”. Elektrowärmetechnik, Mindelheim, dwumies., grud. 53, s. 135; A4, 9 str., 15 rys., 6 tablic, 6 poz. bibl. — Równowaga cieplna człowieka. Rodzaje ogrzewania pomieszczeń. Istota i zasada działania nagrzewania promiennikowego. Rodzaje promienników i ich budowa. Przykłady zastosowań. Działanie biologiczne podczerwieni. Teoria promieniowania. Wnioski.

Wzmacniacze

348* 621.394.64:621.317.7 D1
Werner K. H.: **Wzmacniacze pomiarowe dla miernictwa silnopiętrowego**. „Präzisionsmessverstärker für die Starkstrom-Mess-technik”. ETZ-A, Wuppertal, 2-tyg., Nr 6, marz. 54, s. 205; A4, 4,5 str., 1 fot., 3 rys., 5 wyk., 1 tabl., 3 poz. bibl. — Stateczność charakterystyk wzmacniaczy telekomunikacyjnych. Zastosowanie wzmacniaczy pomiarowych w miernictwie energetycznym oraz wymagania stawiane wzmacniaczom. Współpraca wzmacniaczy o sprzężeniu zwrotnym z przekładnikami prądowymi i napięciowymi. Schemat, dane techniczne i szczegółowy konstrukcyjny wzmacniacza na 50 Hz. Układy pomiaru przesunięć fazowych wzmacniaczy. Praca ciągła wzmacniaczy z przekładnikami napięciowymi i prądowymi.

349* 621.394.641 D1
Gabler M.: **Wzmacniacze magnetyczne i ich funkcje**. „Magnetische Zasilovače a jejich funkce”. Elektrotechn. Obz., Praha, mies., Nr 1/2, stycz.—luty 53, s. 31; A4, 16 str., 21 rys., 25 wyk., 10 poz. bibl. — Przegląd układów wzmacniaczy magnetycznych wraz z analizą ich funkcji. Teoria wzmacniaczy magnetycznych w założeniu wyidealizowanej krzywej magnesowania. Korekta wyników teoretycznej analizy celem wyjaśnienia rzeczywistych przebiegów. Praktyczne przykłady zastosowania wzmacniaczy magnetycznych. Niektóre wnioski, dotyczące wykorzystania tych urządzeń.

350* 621.334.645.35:621.314.7 D1
Keonjian E.: **Wzmacniacz prądu stałego z tranzystorem warstwowym**. „D—C amplifier employing junction type transistors”. Electr. Engng., New-York, mies., t. 72, Nr 11, list. 53, s. 961; A4, 4 str., 7 rys., 4 wyk., 1 poz. bibl. — Użycie tranzystorów we wzmacniaczach prądu stałego. Obwody wzmac-

niacza we sprzężeniu galwanicznym. Zagadnienie niestałości punktu zerowego; wpływ temperatury i jego kompensacja. Użycie termistorów do kompensacji wpływów temperatury. Użycie diod kryształowych i innych sposobów kompensacji wpływów zmiany temperatury.

351* 621.318.42:621.395.646 D1
Finzi L. A., Pittman G. F.: **Metody analizy pracy wzmacniaczy magnetycznych**. „Methods of magnetic amplifiers analysis”. Electr. Engng., New-York, t. 72, Nr 8, sier. 53, s. 690; A4, 4,5 str., 5 wyk., 15 poz. bibl. — Przegląd metod analizy pracy wzmacniaczy magnetycznych ze sprzężeniem zwrotnym. Niedostateczność metody analizy przy pomocy wyidealizowanej krzywej magnesowania $u = \infty$ dla $i = 0$ i $U = 0$ dla $i \neq 0$. Metody oparte na innych sposobach linearyzacji krzywych magnesowania. Wpływ przenikalności magnetycznej rdzenia. Możliwości użycia analizatorów i modeli do analizy pracy wzmacniaczy magnetycznych.

352* 621.318.42:621.395.646 D1
Ramey R. A.: **Układy wzmacniaczy magnetycznych**. „Magnetic amplifier circuits and applications”. Electr. Engng., New-York, mies., t. 72, Nr 9, wrzes. 53, s. 791; A4, 4,5 str., 22 rys., 2 wyk., 7 poz. bibl. — Przegląd najczęściej używanych układów wzmacniaczy magnetycznych w porządku chronologicznym. Proste układy transduktorów. Sprzężenie zwrotne. Układy zawrotne ze sprzężeniem zwrotnym. Układy kaskadowe: bistabilne. Układy z magnesami stałymi służące do stabilizacji natężeń prądu jako źródła prądu odniesienia. Zastosowanie oraz wady i zalety poszczególnych układów wzmacniaczy magnetycznych.

Elektronika

353* 621.396.6.004.62 D1
Mansi D.: **Przewidywanie uszkodzeń przyborów elektronowych**. „Prognoz wychoda iz stroja elektronnych priborow”. Woprosy Radiolokacjonnoj Techniki, Moskwa, 2 mies., Nr 1, stycz. 54, s. 95; B5, 6,5 str., 2 fot., 3 rys., 5 wyk. — Możliwość przewidywania uszkodzenia elementów urządzeń radiotechnicznych: lamp elektronowych, kondensatorów i oporów. Technika pomiaru zużycia elementu przez pomiar jego parametrów, np. nachylenia charakterystyki lampy lub prądu upływności kondensatora. Rezultaty badań przyczyn uszkodzenia lamp wykazują, że można przewidzieć z góry uszkodzenie lampy na podstawie pomiarów. Metody śledzenia za zmianą parametrów elementu w wypadku, gdy wymagana jest duża pewność ruchu.

Telewizja

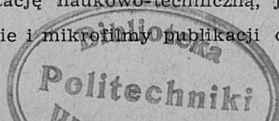
354* 621.397:621.398.2:621.182.2 D1
Friedewald W.: **Próby urządzenia telewizyjnego do nadzoru kotłowni**. „Erprobung einer Fernsehanlage zur Kesselüberwachung”. Siemens Z., Erlangen, 8 razy w ciągu roku, t. 27, Nr 5, sier. 53, s. 292; A4, 1,5 str., 4 fot. — Możliwość rozwinięcia systemu sterowania i kontroli zdalnej ruchu elektrowni przez zastosowanie telewizji. Krótki opis wyposażenia, stosowanego do tego celu i możliwości, jakie ono daje: obserwacji procesu spalania w komorze paleniskowej, gazów uchodzących z komina, wodowskazu itd.

Rozrząd zdalny

355* 621.398.621.3.088.7:621.311.1 D1
Gawriłow M. A., Kurdiukow K. P.: **Narada o telemechanizacji systemów energetycznych**. „Sowieszczanie po tielemechanizacii energosistiem”. Izv. Akad. Nauk SSSR, Otd. techn. Nauk., Moskwa, mies., Nr 4, kw. 53, s. 642; A4, 9 str. — Streszczenie referatów i wystąpień na naradzie o telemechanizacji i pomiarach zdalnych w systemach energetycznych Zw. Radzieckiego. W naradzie zorganizowanej przez Instytut Automatyki i Telemechaniki Akademii Nauk ZSRR wzięło udział 236 przedstawicieli instytutów naukowo-badawczych, wyższych uczelni, przemysłu energetycznego i biur projektowych. 23 referaty poświęcone były podsumowaniu doświadczeń z wykonanych prac oraz wytyczeniu dalszych kierunków rozwoju w dziedzinie budowy aparatury i projektowania urządzeń zdalnych w energetyce. Streszczenie uchwał powziętych na naradzie.

Niniejszy Przegląd Bibliograficzny zawiera jedynie część analiz dokumentacyjnych publikacji z zakresu elektrotechniki. Pełna dokumentacja ukazuje się w postaci kart dokumentacyjnych, wydawanych przez Centralny Instytut Dokumentacji Naukowo-Technicznej (Warszawa, Al. Niepodległości 188). CIDNT przyjmuje prenumeratę kart dokumentacyjnych, która może obejmować zarówno całą dokumentację naukowo-techniczną, jak i działy lub poszczególne zagadnienia i tematy techniczne.

CIDNT wykonuje za zwrotem kosztów fotokopie i mikrofilmowe publikacji objętych Przeglądem Dokumentacyjnym jak i kartami dokumentacyjnymi.



Wydawnictwa nadesłane

ZYCKI ZDZISŁAW, inż. OBSŁUGA SILNIKA SYNCHRONICZNEGO. 1954, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format A5, str. 61, rys. 48, cena zł 3,50. — Spis rzeczy: Wstęp. Zasada działania i budowa silnika synchronicznego. Charakterystyki silnika synchronicznego. Zastosowanie silnika synchronicznego. Układy rozruchowe. Zabezpieczenia silników synchronicznych. Obsługa i konserwacja silników i aparatów elektrycznych. Silnik indukcyjny synchronizowany. Wnioski. Wykaz literatury. — Informacje wydawcy: W książce omówiono zastosowania, układy połączeń oraz sposoby rozruchu i obsługi silników synchronicznych. Książka przeznaczona jest dla monterów zatrudnionych przy eksploatacji silników synchronicznych.

TROSKOLAŃSKI ADAM TADEUSZ, HYDROMECHANIKA TECHNICZNA. Tom II. Hydraulika. 1954, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format B5, str. 460, cena 37 zł. — Spis rzeczy: Podstawowe wiadomości z analizy wymiarowej. Teoria podobieństwa mechanicznego. Ruchy swobodne cieczy. Ruch cieczy w przewodach otwartych. Ruch cieczy w przewodach zamkniętych. Uderzenie wodne w przewodach zamkniętych. Napór hydrodynamiczny i reakcja hydrodynamiczna. Wstęp do teorii rotodynamicznych maszyn wodnych. Wstęp do teorii ektorów. Wstęp do teorii zaworów samoczynnych. Teoria tarcia płynnego. Opór ośrodka. Ruch wód wgłębnich. Literatura. — Informacje wydawcy: Książka stanowi drugi tom 3-tomowego dzieła pt. „Hydromechanika techniczna” obejmująca hydraulikę. Książka przeznaczona jest dla inżynierów-mechaników, konstruktorów przyrządów i maszyn wodnych oraz dla inżynierów hydrotechników projektujących zakłady o sile wodnej i inne budowle wodne. Książka może oddać usługi pracownikom instytutów naukowo-badawczych i studentom wyższych szkół technicznych.

MACIEJCZYK ANTONI, inż., PIŁAWSKI WŁADYSŁAW, st. kpt. poż. ELEKTRYCZNE URZĄDZENIA LOKALNEJ SYGNALIZACJI ALARMOWEJ STRAŻY POŻARNEJ. 1954, Warszawa, Budownictwo i Architektura. Format A5, str. 132, cena 9 zł. — Spis rzeczy: Ogólna charakterystyka urządzeń alarmowych sygnalizacji pożarowej. Cel i znaczenie urządzeń sygnalizacji alarmowej. Warunki, jakim powinny odpowiadać elektryczne urządzenia sygnalizacji alarmowej. Zasady stosowania elektrycznych urządzeń sygnalizacji alarmowej. — Sygnalizacja pożarowa lokalna. Zasadnicze cechy lokalnych urządzeń pożarowych. Właściwości elektryczne obwodów dozorowych. Ostrzegacze pożarowe. Elementy centralek pożarowych. — Centralki pożarowe lokalne. — Informacje wydawcy: Książka zawiera ogólne informacje dotyczące instalacji i urządzeń sygnalizacji pożarowej lokalnej, ich zadań oraz krótki opis podzespołów teletechnicznych zarówno dla projektanta, jak i użytkownika. Książka przeznaczona jest dla monterów-teletechników i teletechników oraz dla potrzeb szkoleniowych straży pożarnych. Z książki tej mogą także korzystać inżynierowie teletechnicy, zwłaszcza w przypadku rozpatrywania schematów centralek.

STEFAŃSKI HIERONIM, inż. TELEGRAFIA. 1954, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format A5, str. 226, rys. 136, cena 10 zł. — Historia telegrafii. Mors i stukawka. System witstonowski. Aparaty czcionkowe synchroniczne. Dalekopis. Hel. Przekaznik polaryzowany. Tory liniowe. Lampy elektronowe. Urządzenia teletransmisyjne dla telegrafii. Centrale telegraficzne. Zasilanie urządzeń telegraficznych. Telegraficzne urządzenia pomiarowe. — Informacje wydawcy: Książka omawia w przystępny sposób zasady działania aparatów telegraficznych, urządzeń teletransmisyjnych dla tele-

grafii oraz central telegraficznych; zawiera krótki zarys zasad działania lamp elektronowych. Książka może być pomocą w pracy zawodowej pracowników wykwalifikowanych służby łączności.

OCHEŁDUSZKO KAZIMIERZ. KOŁA ZĘBATE. Tom. I: Konstrukcja. 1954, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format B5, str. 319, rys. 270, tabl. 66, cena 35 zł. — Spis rzeczy: Koła zębate walcowe. Koła zębate walcowe o zębach prostych. Walcowe koła zębate o zębach śrubowych i strzałkowych. — Koła zębate stożkowe. Wiadomości ogólne. Stożkowe przekładnie o zębach prostych i skośnych. Stożkowe przekładnie o zębach łukowych. — Przekładnie śrubowe. Toczne przekładnie śrubowe. Przekładnie ślimakowe. — Obliczenia wytrzymałościowe przekładni zębatach. Wiadomości wstępne. Obliczanie walcowych kół zębatach o osiach równoległych. Obliczanie stożkowych kół zębatach. Obliczanie walcowej przekładni śrubowej. Obliczanie przekładni ślimakowych. Smarowanie przekładni zębatach. Obliczanie nacisków łożyskowych. Konstrukcja kół zębatach. Literatura. — Informacje wydawcy: W książce podano klasyfikację kół zębatach, zasadnicze zależności występujące podczas współpracy kół, kształty zarysu boków zębów, podstawy korekty użebienia i zazeźbienia w kołach zębatach walcowych o zębach prostych i śrubowych w kołach stożkowych, przekładni śrubowej i ślimakowej; ponadto zamieszczono wyczerpujące informacje dotyczące obliczeń wytrzymałościowych z uwzględnieniem teorii zmęczeniowej materiałów. Podano przykłady konstrukcji kół zębatach i określono wytyczne, którymi należy się kierować przy rozwiązywaniu konstrukcyjnych. Książka jest przeznaczona dla techników i inżynierów mechaników oraz może służyć jako pomoc dla studentów wydziałów mechanicznych wyższych szkół technicznych.

MIESZCZERSKI I. ZBIÓR ZADAŃ Z MECHANIKI. 1954, Warszawa, Państwowe Wydawnictwo Naukowe. Format B5, str. 375, cena zł 29,50. — Spis rzeczy: Statyka ciała sztywnego. Płaski układ sił. Przestrzenny układ sił. — Kinematyka. Ruch punktu. Najprostsze przypadki ruchu ciała sztywnego. Składanie i rozkładanie ruchów punktu. Ruch płaski ciała sztywnego. Obrót ciała sztywnego dookoła nieruchomego punktu. — Dynamika. Dynamika punktu materialnego. Dynamika układu materialnego. Teoria drgań. — Informacja wydawcy: Książka pomocnicza zatwierdzona decyzją Ministerstwa Szkolnictwa Wyższego do użytku w szkołach wyższych.

CENTRALNY INSTYTUT DOKUMENTACJI NAUKOWO-TECHNICZNEJ. BIBLIOGRAFIA RETROSPEKTYWNA POLSKIEGO PIŚMIENNICTWA TECHNICZNEGO ZA LATA 1945—1949. 1954, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format A4, str. 307, cena zł 106. — Spis rzeczy: Dział ogólny. Bibliografia. Nauka o książce (str. 17—19). — Filozofia (str. 19). — Nauki społeczno-ekonomiczne. Prawo. Administracja (str. 20—30). — Językoznawstwo (str. 31). — Matematyka. Nauki przyrodnicze (str. 31—52). — Nauki stosowane. Medycyna. Technika. Rolnictwo (str. 52—277). — Sztuki piękne. Sztuka stosowana. Rozrywki. Sport (str. 277—286). — Geografia. Życiorysy. Historia (str. 289). — Informacje wydawcy: Bibliografia obejmuje okres czasu od chwili wyzwolenia Polski do roku 1949 (włącznie). Zawiera opisy bibliograficzne wydawnictw samostojnych i artykułów z czasopiśm wydanych w Polsce, w zakresie tematyki technicznej. Praca jest przeznaczona dla inżynierów, techników, bibliotekarzy, bibliografów oraz wszystkich tych, którzy korzystają z fachowego piśmiennictwa technicznego.

PRZEGLĄD TECHNICZNY, organ główny NOT, nr 6/55, zawiera następujące artykuły: Fidełski R. Rola Stowarzyszenia Naukowo-Technicznego Inżynierów i Techników Mechaników Polskich w rozwoju przemysłu maszynowego. — Diner J. Obniżenie kosztów własnych — odpowiedzialne zadanie kadr technicznych. — Zahn B. O rozpoznawaniu projektów racjonalizatorskich. — Zambrycki W. Podstawowe problemy chłodnictwa. — Pomianowski M. Oszczędność drewna w budowni-

ctwie to ważny problem gospodarczy. — Porębski J. Koła zakładowe stowarzyszeń naukowo-technicznych a kluby techniki i racjonalizacji. — Witulski F. Energia wiatru jako niedoceniane źródło energetyczne. — Perliński J. Tytan — nowy metal przemysłowy. — Jost H. O górnictwie i hutnictwie w Tatrach Polskich. — Nowiny techniczne z prasy zagranicznej. — Wolna Trybuna. — Sprawy organizacyjne NOT i stowarzyszeń. — Krytyka i bibliografia. — Kronika. — Biuletyn CIDNT. — Biuletyn GUM.

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWA TECHNICZNE

Przegląd wydawnictw z dziedziny bezpieczeństwa i higieny pracy

Spis ten obejmuje zestawienie książek zarówno znajdujących się w obrocie księgarskim, jak wyczerpanych. Te ostatnie nabywać można i korzystać z nich w bibliotekach.

- Album ochron osobistych.** Praca zbiorowa pod red. M. Zięborakowej. 1953, s. 142, zł 8.80 (opraw.)
- BATURIN W. W.: Podstawy wentylacji przemysłowej.** Tłum. z ros. A. Wysocki. 1954, s. 348, zł 36.30 (opraw.)
- Bezpieczeństwo pracy przy urządzeniach elektrycznych.** Praca zbiorowa. Stow. Elektr. Polskich. Wyd. 2 popraw. i uzup. 1954, s. 178, zł 17.—
- DZIKOWSKI A.: Bezpieczeństwo i higiena pracy w rzemiośle brązowniczym, galwanizerskim i odlewniczym.** Związek Iz Rzemieślniczych. 1954, s. 63, zł 4.—
- DZIKOWSKI A.: Bezpieczeństwo i higiena pracy w rzemiośle kowalskim.** Związek Iz Rzemieślniczych. 1953, s. 34, zł 2.—
- JEWTIUCHOW K. S.: Technika bezpieczeństwa transportu wewnątrzzakładowego.** Tłum. z ros. W. Czarnocka i J. Dobrzański. 1954, s. 183, zł 13.—
- KARASIŃSKI Z.: Technika ochrony pracy w energetyce.** 1955, s. 91, zł 7.—
- KUZNIECOW A. I.: Technika bezpieczeństwa pracy w urządzeniach elektrycznych.** Tłum. z ros. J. Wolski i I. Baran. 1955, s. 282, zł 29.50 (opraw.)
- ŁAZARIEW N. W.: Szkodliwe substancje w przemyśle.** Tom 1. Związki organiczne. Tłum. z ros. W. Nowacki i Z. Kowalski. 1954, s. 566, zł 60.— (opraw.)
- MICHNOWSKI J., KOZŁOWSKI T.: Książeczka galwanizera.** 1953, s. 79, zł 2.50
- MICHNOWSKI J., KOZŁOWSKI T.: Książeczka szlifierza.** 1953, s. 61, zł 2.50
- PALUCH E.: Toksykologia przemysłowa.** 1954, s. 380, zł 47.— (opraw.)
- SKŁODOWSKI A., ZANOZIŃSKI Z.: Bezpieczeństwo i higiena pracy w rzemiośle ślusarskim.** 1953, s. 50, zł 3.50
- TOMAROW M. M.: Technika bezpieczeństwa pracy przy łoczeniu blach na zimno.** Tłum. z ros. W. Czaplicki. 1953, s. 284, zł 23.— (opraw.)
- WALEWSKI A.: Bezpieczeństwo i higiena pracy w rzemiośle blacharskim i kotlarskim.** 1953, s. 40, zł 3.50
- ZIELIŃSKI J.: Wiadomości z higieny pracy.** 1952, s. 151, zł 9.—
- HELBRECHT J.: Przeładunek statków handlowych.** 1954, s. 96, zł 6.30
- HOLTORP J.: Bezpieczeństwo pracy przy obsłudze żeliwników.** 1953, s. 52, zł 3.50
- HOLTORP J.: Bezpieczeństwo pracy zalewaczy i wybijaczy w odlewniach żeliwa.** 1953, s. 40, zł 2.50
- HORBACZEWSKI J.: Technika ochrony pracy przy przeróbce metali na prasach.** 1953, s. 148, zł 8.30
- KONARZEWSKI T.: Bhp w rzemiośle elektromechanicznym.** 1954, s. 71, zł 4.—
- MALECKI I., KOŁTOŃSKI W., STRASZEWICZ W.: Zwalczanie hałasów w zakładach przemysłowych.** 1954, s. 208, zł 15.—
- Montaż ciepłno-mechanicznych urządzeń elektrowni.** Tymczasowe przepisy bezpieczeństwa i higieny pracy. 1952, s. 108, zł 7.—
- OKRASA E., WOLSKI J.: Sprzęt ochronny w elektroenergetyce.** 1953, s. 59, zł 4.20
- Przepisy bezpieczeństwa pracy w eksploatacji linii napowietrznych o napięciu ponad 35 kV.** Wyd. 3 popraw. 1954, s. 91, zł 6.—
- Przepisy bezpieczeństwa pracy w eksploatacji urządzeń elektroenergetycznych elektrowni i stacji.** Wyd. 2. 1954, s. 95, zł 6.80
- Przepisy bezpieczeństwa pracy w eksploatacji urządzeń elektroenergetycznych sieci miejskich i wiejskich.** Wyd. 2. 1953, s. 106, zł 10.—
- Przepisy o bezpieczeństwie i higienie pracy z okresu od 6.XI.1946 r. do 29.II.1952 r.** Wyd. 2 uzup. 1952, s. 166, zł 11.—
- Przeróbka ropy naftowej i gazu ziemnego.** Praca zbiorowa. 1953, s. 41, zł 2.—
- ROSZKOWSKI S.: Bezpieczeństwo pracy przy pędniach.** 1952, s. 81, zł 5.30
- RÓŻAŃSKI W.: Obróbka cieplna stali.** 1954, s. 63, zł 3.—
- RZĘCKI M.: Elektryczne spawanie i cięcie metali.** 1952, s. 99, zł 4.60
- RZĘCKI M.: Użytkowanie butli z gazami w przemyśle.** 1953, s. 116, zł 8.80
- SJERGIEJEW M. A., NIKITIN P. S.: Organizacja tokarskiego stanowiska roboczego.** Tłum. z ros. S. Pietkiewicz. 1955, s. 44, zł 2.—
- SOWIŃSKI L., ŻMIGRODZKA H.: Zagadnienia ochrony pracy w ustawodawstwie polskim.** 1954, s. 227, zł 16.50
- SPRZĘT OCHRONNY W ELEKTROENERGETYCE.** Wyd. 2 popraw. i uzup. 1954, s. 58, zł 4.70
- SZAWERNOWSKI P.: Bezpieczeństwo i higiena pracy przy robotach pogłębiarskich.** 1953, s. 124, zł 8.60
- SZUBERT W.: Podstawy prawne bezpieczeństwa pracy w ZSRR.** 1953, s. 127, zł 6.80
- SZYMIK F.: Pomiary rozkładu napięć na izolatorach linii napowietrznych wysokiego napięcia.** 1953, s. 30, zł 2.—
- Transport paliwa i zasilanie kotłów węglem w elektrowniach.** 1953, s. 72, zł 4.40
- Tymczasowe przepisy bezpieczeństwa i higieny pracy dla działów ciepłych elektrowni i sieci przewodów ciepłych.** Praca zbiorowa. 1952, s. 118, zł 6.10
- WALEWSKI A.: Wskazówki ochrony pracy przy eksploatacji silników.** 1952, s. 33, zł 1.50
- WALEWSKI A., ROSZKOWSKI S.: Ochrona pracy w odlewniach.** 1953, s. 243, zł 12.50
- WŁASOW A. F.: Technika bezpieczeństwa pracy na obrabiarkach do skrawania metali.** Tłum. z ros. A. Wysocki. 1954, s. 164, zł 12.—
- ZAJĄC S.: Produkcja środków ochrony roślin.** 1954, s. 62, zł 4.—
- ZIĘBORAKOWA M.: Zasady ochrony dróg oddechowych.** 1953, s. 35, zł 2.20

Biblioteka Ochrony Pracy

- BARAN I.: Sztuczne oświetlenie pomieszczeń pracy.** Wyd. 2. 1955, s. 107, zł 8.50
- BARAN I.: Światło i praca.** Wyd. 3 popraw. i rozszerz. 1952, s. 132, zł 2.—
- BIEKAREWICZ A. M., MIESZCZARIKOW J. S.: Technika bezpieczeństwa i higiena przemysłowa w odlewniach żeliwa.** Tłum. z ros. J. Holtorp. 1954, s. 166, zł 12.—
- BUKOWIECKI L., KELM L.: Prasownie. Młotownie. Kuźnie matrycowe i obręczarnie.** 1952, s. 44, zł 2.30
- CIUBRA K.: Pył w przemyśle i sposoby jego zwalczania.** 1952, s. 52, zł 2.—
- ĆWIEK Z.: Cięcie i spawanie metali pod wodą.** 1953, s. 74, zł 5.90
- DOBROWOLSKI J., ROTTENGRUBER J.: Polerowanie elektrolityczne.** 1954, s. 48, zł 3.—
- DZIKOWSKI A.: Szlifowanie.** 1953, s. 191, zł 11.50
- Eksploatacja linii napowietrznych wysokiego napięcia.** Wyd. 2 popraw. 1952, s. 108, zł 6.—
- Eksploatacja urządzeń elektrycznych sieci miejskich i wiejskich.** 1952, s. 136, zł 10.—
- GLAZER T.: Zakłady koksochemiczne.** 1954, s. 115, zł 7.80
- GOSZTOWIT J.: Ochrona pracy przy produkcji uszczelnień azbestowo-kauczukowych.** 1952, s. 64, zł 3.50
- HELBRECHT J.: Liny i łańcuchy.** 1952, s. 54, zł 4.—