

PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY

ORGAN STOWARZYSZENIA ELEKTRYKÓW POLSKICH

pod naczelnym kierunkiem prof. M. POŻARYSKIEGO.

Rok XIX.

1 Grudnia 1937 r.

Zeszyt 23.

Redaktor inż. WACŁAW PAWŁOWSKI

Warszawa, Królewska 15, tel. 690-23.

Zjawiska materializacji i dematerializacji

Prof. dr. S. Pieńkowski

1. Treść niniejszego wykładu jest zobrazowana w jego tytule, który wskazuje, iż zadaniem moim jest przedstawić PF. takie zjawiska fizyczne, w których moglibyśmy stwierdzić przetwarzanie się materii w coś, co nią nie jest, jak również zjawiska, w których zachodzi proces odwrotny. Istotnie badania ostatnich lat pozwalają nam omawiać, jak same takie zjawiska, tak i zgadnienia z nimi związane na podstawie teoretycznie i doświadczalnie ujętych i częściowo opanowanych faktów.

Obrazowo ujęte pojęcie dematerializacji czy materializacji wydaje się czymś prostym: coś, co było materią, przestaje nią być, lub też materią staje się coś, co nią nie było. Jednak przy precyzowaniu go należałoby określić, co nazywamy materią, charakteryzując ją przez odpowiednie cechy, właściwości, które by zanikały w akcie dematerializacji. Oczywiście w ogólną analizę treści pojęcia materii wchodzić tutaj nie możemy i ograniczymy się do jej scharakteryzowania przez tę wielkość, jaka występuje jako podstawowa w mechanice i którą odnajdujemy w jej prawach. (Mam tu na myśli mechanikę klasyczną).

Przypomnijmy sobie, jaką to najprostszą a podstawową charakterystykę materii daje nam mechanika.

Uczy nas ona, że każde ziarenko materii samo z siebie nie jest władne zmienić swego stanu spoczynku czy ruchu — jest to t. zw. zasada bezwładności. Natomiast pod działaniem siły stałej F , jak to wiemy od czasów Galileusza, ziarenko materii otrzyma ruch jednostajnie przyspieszony, którego stałe przyspieszenie a jest proporcjonalne do wielkości działającej siły, tj. $F/a = \text{const}$.

Wielkość tego stałego stosunku jest różna dla różnych ziarenek materii, stanowi ona charakterystykę danego ziarenka i nosi miano jego masy, ściślej — masy bezwładnej, aby zaznaczyć, że w ruchu tym nie wchodzi w grę żadna inna właściwość materii oprócz jej bezwładności.

Umieścimy ziarenka materii o równej masie, lecz różnej natury w polu działania sił elektrycznych, magnetycznych, grawitacyjnych, sił ciężkości czy spójności między cząsteczkowej.

Jak wielkim będzie ich działanie? Na ogół w każdym polu inne pomimo równości masy. Wielkość masy bezwładnej nie wyznacza więc bynajmniej wielkości siły działającej. Dlatego też pytanie, któreśmy, będąc dziećmi, zadawali: co waży więcej kg ołowiu czy kg waty, było w istocie znacznie rozumniejsze niż nam się to wówczas wydawało, tkwiła w nim głębsza treść, której żeśmy nawet nie podejrzewali. A priori bowiem nie możemy dać odpowiedzi na to pytanie; z równości mas bezwładnych nie możemy wnioskować o równości działania na nie sił ciężkości. Dopiero subtelne doświadczenia wahadłowe, szczególnie za pomocą wagi skręceniowej Eötvösa, wykazały, że rów-

ne masy bezwładne wody, Pb, Au czy Ra posiadają równe ciężary. Na ich podstawie możemy dopiero mówić, że masa, występująca w działaniu sił ciężkości, t. zw. *masa wazka*, jest równa masie bezwładnej. Zaznaczymy tutaj, że teoria względnościowa pól grawitacyjnych idzie znacznie dalej i wykazuje nie tylko, że te dwie masy są sobie równe, lecz, że zasadniczo muszą być równe.

Wszelkie więc zmiany, jakie moglibyśmy stwierdzić dla masy bezwładnej, będą dotyczyć również masy ważkiej i odwrotnie.

Na podstawie długiego szeregu badań, pomiarów i ich analizy wnioskowano, iż możemy przyjmować jako podstawową charakterystykę jakiegoś ziarenka materii, atomu czy cząsteczki wielkość jego masy stałej, niezniszczalnej, niezależnej od warunków. W skali ówczesnych badań stałość ta została nawet podniesiona do godności zasady — *zasady niezniszczalności materii*, przez co rozumiano istotnie zasadę **zachowania masy**.

Długoletnia praktyka w dziedzinie chemii w szczególności, przy czym należy wzmiankować specjalnie w tym kierunku prowadzone badania Landolta, wykazywały, iż nawet w tworzeniu się nowych związków masa utworzonej z atomów cząsteczki równa jest sumie mas atomów, które wchodzi w jej skład. Mówiąc więc o niezniszczalności materii implicite uważano, iż masa jest podstawową cechą tego, co nazywamy materią.

W tym audytorium zbędnym jest, sądzę, wspominać, jak z pojęcia pracy rozwijało się pojęcie energii i jak doszliśmy do ustalenia zasady zachowania energii, którą tak słusznie chlubi się wiek XIX.

Wiemy, jak z niezliczonych obserwacji, badań, pomiarów, analizy przebiegu różnorodnych zjawisk wynikało niezbicie, iż we wszystkich obserwowanych zjawiskach energia zachowuje się w niezmięnionej ilości, choć w różnych postaciach — że nie możemy jej ani stworzyć ani zniszczyć. Te wyniki posłużyły za podstawę do ustalenia zasady zachowania czy też *niezniszczalności energii*. Równocześnie z tych samych analiz, np. choćby prostego ruchu pod działaniem siły stałej przy $m = \text{const}$, wynikało, iż *energia* mierzona ilością pracy wykonanej nie posiada masy, jest nieważka.

Pojęcie masy — tej podstawowej charakterystyki materii, nie ma więc zupełnie zastosowania do energii, aczkolwiek każda masa może być obdarzona energią, lecz nie odwrotnie.

Chyba... chyba, żeby doświadczenie wskazało na niesłuszność takiego wniosku.

Zbudowanie bowiem logicznego, spójnego układu pojęć bynajmniej nie przesądza jego stosowalności do zjawisk przyrody.

Otóż powtórzmy naprzykład doświadczenia analogiczne do doświadczeń Galileusza, ale w innej skali — sto-

sując wielki eprędkości i subtelne pomiary przyspieszeń. Czy odnajdziemy tak podstawową zależność $F/a = \text{const}$?

Odpowiedziały na to badania ruchu pocisków elektronowych, którym można było nadać prędkość do 287 000 km/sek. Wynika z nich jasno, iż im szybciej biegnie pocisk elektronowy, tym trudniej jest dalej zwiększyć jego prędkość. Stosunek F/a zwiększa się wyraźnie w miarę różnicy prędkości.

Jeśli więc wielkość stosunku F/a przyjmiemy jako miarę masy, to powiemy, iż z doświadczeń tych wynika, że masa pocisku nie jest stałą, lecz wzrasta wraz z prędkością v .

W tablicy I mamy kilka liczb wskazujących, jak masa m przy danej prędkości wzrasta w stosunku do początkowej wartości m_0 , odpowiadającej małym prędkościom.

Tablica I.

Stosunek $\frac{m}{m_0}$ dla elektronu w zależności od v

v	m/m_0
$0,7 \cdot 10^{10} \frac{\text{cm}}{\text{sek}}$	1,03
2,36 " "	1,47
2,59 " "	1,98
2,72 " "	2,71
2,83 " "	3,09

W zagadnieniu tym rolę decydującą odegrała teoria względności, która też ustaliła, że $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$, co doświadczenia potwierdzają w zupełności.

Jeśli na tej podstawie obliczymy energię kinetyczną takiego pocisku, to otrzymamy

$$E = m_0 c^2 \left[\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right] = c^2 \left[\frac{m_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} - m_0 \right] = c^2 [m - m_0]$$

skąd wynika

$$m = m_0 + E/c^2.$$

Jest to bodaj najważniejsza dla nas zależność, z której widzimy, że nadanie ziarenku materii o masie m_0 energii kinetycznej E odpowiada zwiększeniu jego masy o wielkość Δm równoważną masie $\Delta m = \frac{E}{c^2}$.

Ale PP. widzą, gdzie tkwi trudność doświadczalnego stwierdzenia tej równoważności masy i energii — przyrost masy Δm równa się E dzielonej przez $9 \cdot 10^{20}$, a więc liczbę, sięgającą kwintyliona.

W zastosowaniu do energii kinetycznej równoważność ta została sprawdzona doświadczalnie w całej rozciągłości, jak to wynika z badań nad ruchami elektronów. Czy jednak równoważność ta jest stosowalna do innych rodzajów energii? Czy ciało ogrzane staje się cięższym, czy skutkiem pochłonięcia światła ciężar jego zwiększy się? Czyżby masa cząsteczki nie była równa masie składających ją atomów, wobec tego, że jej ciepło tworzenia nie jest równe zeru?

Pozwolę sobie przedstawić PP. te badania, których wyniki dają odpowiedź na powyższe pytania.

2. Stosowalność tej zasady została ostatnio potwierdzona w sposób świetny w zjawisku przemian atomowych.

Przytoczę jeden z wielu badanych przykładów, a mianowicie rozpadu atomu ${}^7_3\text{Li}$ ¹⁾.

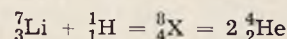
¹⁾ Symbol ${}^A_Z\text{X}$ oznacza atom o ciężarze atomowym A i naboju jądra Z .

Wyobraźmy sobie, że na atomy ${}^7_3\text{Li}$ rzucamy grad pocisków protonowych, tj. jonów ${}^1_1\text{H}$, które przebiegły różnicę potencjałów kilkuset tysięcy woltów. Umieścimy bombardowaną płytkę w komorze Wilsona, która pozwoli nam fotografować tory pocisków, jakie by się zrodziły. Fotografia przedstawiona na rys. 1 wykazuje, iż z płytki wybiegają pary pocisków w przeciwnych do siebie kierunkach, w których można poznać z łatwością cząsteczki α .



Rys. 1.

Przemiana polega na tym, że do jądra ${}^7_3\text{Li}$ wbijamy jeden proton, ${}^1_1\text{H}$, co daje jakiś atom ${}^8_4\text{X}$, który jednak jest nie trwały i rozpada się na dwa heliony. Wyrazimy to równaniem



$$m \ 7,01694 + 1,0087 = 2 \cdot 4,0036 + 0,01829.$$

Lecz dwa te heliony posiadają energię $17,24 \cdot 10^6 \text{ eV}$ ²⁾ wówczas, gdy bombardujące protony posiadały energię zaledwie $270 \cdot 10^3 \text{ eV}$. Mamy więc znaczny nadmiar energii $16,97 \cdot 10^6 \text{ eV}$ która zrodziła się w akcie przemiany atomów.

Państwo widzą już, gdzie będziemy szukać jej źródła — w bilansie masy. Istotnie biorąc sumę mas¹⁾ atomów, podanych w wierszu m powyższego wzoru widzimy, iż w przemianie tej mamy deficyt masy równy $0,01829$. Wyliczając zaś równoważnik masowy zrodzonej energii $16,97 \cdot 10^6 \text{ eV}$ otrzymujemy $0,0182$.

Zgodność ta jest nad wyraz przekorywującą. Odnajdujemy w energii kinetycznej wytworzonych atomów — równoważnik masy, która zniknęła w akcie przemiany atomowej.

Analogiczne zjawisko znikania masy znajdujemy w genezie atomów, gdy wytwarzamy złożone atomy z ich składników elementarnych. Jeśli mamy jakiś atom ${}^A_Z\text{X}$, to jądro jego zawiera Z protonów i $A-Z$ neutronów, jeśli więc znamy masy tych cegiełek składowych, to z łatwością, wydaje się, znajdziemy przez proste sumowanie masę całkowitą atomu.

Doświadczenie wykazuje jednak, że otrzymany w ten sposób wynik jest błędny. Metody niebywale wysubtelnione w ostatnich latach t. zw. spektrografów mas, w których rozpędzone przez potężne pola elektryczne atomy są następnie rozrzucone w zależności od ich masy za pomocą pól elektrycznego i magnetycznego na kliszę fotograficzną, pozwalają mierzyć masy oddzielnie biegnących atomów i to z dużą, bo dochodzącą do 10^{-5} , dokładnością.

²⁾ 1 eV oznacza energię, jaką nabywa nabój elektryczny równy naboju elektronu, gdy przebiegnie różnicę potencjałów 1 wolt.

¹⁾ w jednostkach $\frac{1}{16}$ masy atomu ${}^{16}_8\text{O}$.

Tablica II.
Masy atomów obojętnych elektrycznie.

Symbol	Z	A	M	Deficyt
n	0	1	1,0085	—
H	1	1	1,00807	—
D	1	2	2,01423	0,0024
T	1	3	3,01610	0,0090
He	2	3	3,01699	0,0077
He	2	4	4,00336	0,0298
Li	3	6	6,01614	0,0334
Be	4	9	9,0135	0,0614
C	6	12	12,0037	0,0959
N	7	14	14,0076	0,1086
O	8	16	16,0000	9,1373

Tablica II daje tak otrzymane liczby dla kilku lżejszych pierwiastków; M oznacza tutaj masę zmierzona a „Deficyt” różnicę pomiędzy sumą mas składowych a M.

Jasno z nich wynika, że masa jakiegoś atomu jest mniejsza od sumy mas neutronów i protonów, wchodzących w jego skład.

W świetle zasady równoważności masy i energii, strata masy jest wskaźnikiem, więcej nawet, jest miernikiem zmian energetycznych, jest miarą energii wiązania składników. Można powiedzieć, że strata ciężaru składników przy tworzeniu się atomu jest miarą ciężaru ich energii potencjalnej.

3. Wyjątkowo piękny w swej prostocie dowód przemiany elementarnej, w której równoważnik straty masy odnajdujemy w energii promienistej, dały badania ostatnich dwóch lat dotyczące wytwarzania atomów izotopowych. Fizyka dzisiejsza zbadała wiele przemian atomowych, w których do jądra atomu (A_ZX) zostaje wpędzony jeden neutron 1_0n i otrzymujemy atom ${}^{A+1}_ZX$ o tej samej liczbie atomowej Z, a więc izotop pierwotnego atomu, lecz o ciężarze atomowym zwiększonym o 1; neutron nie wnosi naboju elektrycznego do jądra, lecz zwiększa jego masę.

Ścisłe pomiary mas izotopów pozwalają stwierdzić, że średnio różnią się one o 1,0000. Masa zaś swobodnego, niewbudowanego w jądro neutronu jest równa $m({}^1_0n) = 1,0085$. W elementarnym więc akcie związania jednego neutronu z jądrem atomu znika masa 0,0085. Jej równoważnik musi być odnaleziony w energii (7,9 MeV).

Istotnie, bardzo subtelne pomiary pozwoliły stwierdzić, iż przy tworzeniu się izotopów przez nakładanie neutronów występuje bardzo przenikliwe promieniowanie analogiczne do promieni Roentgena o energii rzędu 8 MeV.

Mamy więc tutaj wyjątkowo piękny przykład, jak stratę masy odnajdujemy w czystej energii promienistej w postaci fotonów o odpowiedniej energii.

Jest więc to typowe zjawisko dematerializacji. Bez wątplenia występuje ono również i przy zwykłych reakcjach chemicznych. Równanie $m(A) + m(B) = m(AB)$ nigdy nie jest ściśle. Strata jednak masy nie może być wykryta, ponieważ metody stosowane w chemii nie są dostatecznie wysubtelnione. Tak nprz. w reakcji $2H_2 + O_2 = 2H_2O$ mamy wydzielanie 138 000 kal, co odpowiada stracie masy $6,4 \cdot 10^{-9}$ gr, a więc $6\frac{1}{2}$ milionowych miligramów na 32 gr materii.

4. Dotychczas mówiliśmy o masie, a więc i ważkości energii, związanej z materią, a właściwiej nawet o zmienności masy materii, obdarzonej taką czy inną energią. Nie poruszaliśmy natomiast zagadnienia masy, wolnej energii, jakiego przykład znajdujemy w energii

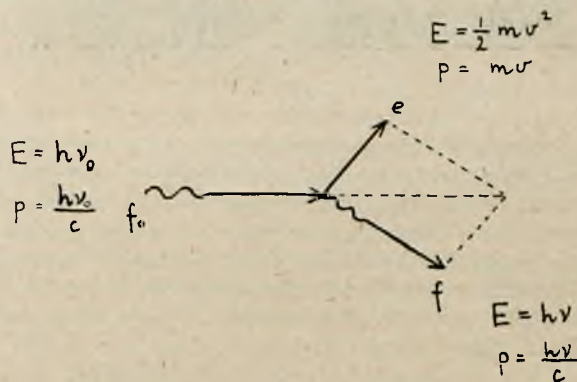
promienistej. Wiązka światła niesie bezsprzecznie energię i to bez podścieliska materialnego. Czyżby posiadała ona masę, czyżby była ważką?

W dążeniu do dania odpowiedzi na to pytanie w postaci możliwie prostej podam PP. schemat zjawiska Comptona.

Wyobraźmy sobie, że za pomocą prom. X, a więc fotonów o energii kilkuset tysięcy eV, prześwietlamy tłum atomów. Prom. X wyrwywają z atomów elektrony, których pomiar energii wykazuje, że oprócz elektronów prędkich (o prędkości v_0) obdarzonych całkowitą energią $\frac{1}{2}mv_0^2 = h\nu_0$, padających fotonów (co stanowi zwykłe zjawisko fotoelektryczne) występują również i elektrony powolniejsze o prędkości v , którym więc foton promieni X oddał tylko część swej energii. A reszta? Reszta zostaje odrzucona w postaci promieni X o mniejszej energii $h\nu = h\nu_0 - \frac{1}{2}mv^2$, jak to wynika z zasady zachowania energii.

Badania spektrograficzne tego promieniowania rozproszonego wykazują jednak jeszcze nowy jego charakter. Mianowicie długość fali, a więc i energia jego jest zależna od kierunku rozproszenia: ku przodowi są wysyłane fale krótsze, ku tyłowi — dłuższe. A to już nie wynika z zasady zachowania energii i wskazuje na nową właściwość promieniowania.

Istotnie analiza tego zjawiska wykazuje, że akt takiego częściowego rozproszenia fotonów promieni X, noszącego nazwę zjawiska Comptona, jest rządony nie tylko przez zasadę zachowania energii, lecz również przez zasadę zachowania pędu. Kierunki wyrzuconych w jednym akcie elementarnym elektronu e i fotonu f (Rys. 2) są takie, że suma geometryczna ich pędów mv i $\frac{h\nu}{c}$ jest równa pędowi $\frac{h\nu_0}{c}$ fotonu podającego f_0 . Przejawia się to właśnie w zmianie długości fali promieni rozproszonych w zależności od kąta rozproszenia.



rys. 2.

Zjawisko to dowodzi zatem, że foton energii promienistej posiada pęd, posiada masę, jest więc ważką. Okazuje się więc, że wiązka światła, czysta energia promienista, to co stanowiło jaskrawą antytezę materii — posiada podstawową cechę materii — bezwładność. Stwierdzenie tej właściwości jest niezwykle doniosłe.

Jasnym się nam teraz staje, iż, jak to przewidział Einstein, wiązka światła jest ważką, że spada ku ciałom niebieskim, w pobliżu których przechodzi; daje to sprawdzone doświadczalnie odchylenia od prostoliniowego jej biegu.

Z drugiej strony wnioskujemy również, iż, jeśli jakiś atom pochłonie energię, staje się cięższym, skoro ją wypromieniuje, znów traci na ciężarze. Przy zwykłym więc nawet świeceniu atomów mamy do czynienia z pewnego rodzaju dematerializacją. Mówię pewnego ro-

1) 1MeV oznacza milion elektronowoltów.

dzaju dematerializacja, bo we wszystkich tych przypadkach mamy jedynie zmiany energii, jakie zachodzą przy ewolucji ugrupowań jakiegoś zbioru ziarenek materii.

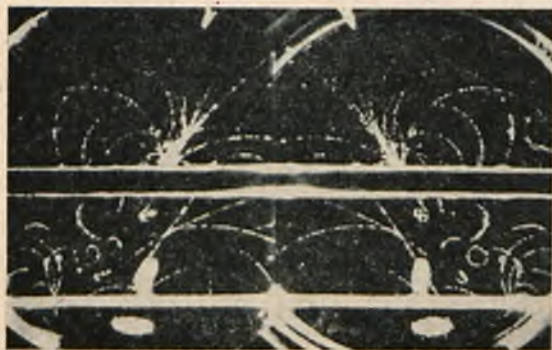
5. We wszystkich wyżej przytoczonych zjawiskach liczba cegiełek składowych nie ulega zmianie. Nie jest to więc w istocie stwierdzenie narodzin ziarenka materii z jakiejś energii, ani też rozplynięcie się jakiegoś elementarnego tworzywa materii w energię.

A wszak to byłoby najpotężniejszą bodaj zdobyczą człowieka nad materią.

W obecnej chwili nie mogę przytoczyć PP. takiego wiekopomnego doświadczenia, w którym by stworzono jakiś atom z energii, mogę jednak wskazać badania, których wyniki może równie doniosłe dotyczą genezy jednego z podstawowych składników atomu — elektronu.

Mam tu na myśli dane, jakich nam dostarczają badania zjawisk, związanych z przejściem przez materię bardzo przenikliwych, o energii kilku milionów elektronowoltów, promieni γ .

Wyobraźmy sobie, że za pomocą promieni γ prześwietlamy płytkę metalową, znajdującą się w komorze Wilsona. Wytwarzając w jej obszarze dostatecznie silne pole magnetyczne, możemy odchylić wyrzucone z metalu naelektryzowane pociski i z kształtu torów wnioskować o energii i naboju wystrzelonych pocisków.



Rys. 3.

Rysunek 3 daje typowy obraz otrzymywanych torów (są to dwie fotografie stereoskopowe). Widzimy, że oprócz torów pojedynczych występują również ich pary o przeciwnych kierunkach odchylenia. Pomiaru pozwalają ustalić, że są to tory elementarnych naboju elektrycznych elektronów (e^-) i pozytronów (e^+). Tablica III daje wyniki pomiarów ich energii E przy użyciu promieni γ o różnej energii $E(\gamma)$

Tablica III.

Prom.	$E(\gamma)$	$E(e^-)$	$E(e^+)$
γ (α Po + Be)	$5,2 \cdot 10^6$	$\leq 5 \cdot 10^6$	$\leq 4 \cdot 10^6$
γ Th C''	$2,6 \cdot 10^6$	$\leq 2,5 \cdot 10^6$	$\leq 1,6 \cdot 10^6$
γ Ra C	$0,8 \cdot 10^6$	$\leq 0,8 \cdot 10^6$	—

Widzimy, że energia elektronów $E(e^-)$ dosięga energii prom. γ $E(\gamma)$: są to t. zw. fotoelektrony wyrwane z powierzchni atomów. Natomiast energia pozytronów $E(e^+)$ jest zawsze o 10^6 eV mniejsza niezależnie zresztą od natury radiatora, z którego są wyrzucane.

Stwierdzamy zatem, że pozytrony mogą się zrodzić, ale jednocześnie ginie energia 1MeV promieni γ . Na tle naszych poprzednich rozważań PP. zgadują, gdzie będziemy jej szukać — w masie wytworzonych pozytronów.

Ponieważ masa pozytronu $9,02 \cdot 10^{-28}$ gr jest równoważna energii 0,51 MeV, więc z energii 1MeV możemy otrzymać prawie, że ściśle masę 2 pozytronów. Jednak zasada zachowania ilości elektryczności wymaga, by te dwie masy posiadały sumę naboju równą zero, a więc, aby to były elektron i pozytron. Widzimy więc, że muszą powstać pary e^- i e^+ , co też doświadczenie wykazuje.



Rys. 4.

W postaci może najczystszej mamy oto sfotografowane przez pp. Joliot to zjawisko narodzin pary w środku komory Wilsona. Mamy tutaj dowód narodzin elementarnego tworzywa materii z czystej energii promienistej. PP. doceniają niesłychaną doniosłość tego zjawiska — to nie jest już przetworzenie ugrupowań atomowych, ani nawet przetworzenie jądra atomu, to jest geneza pierwszego podstawowego tworzywa materii. Wobec tego aktu stworzenia, przetworzenie, nprz. Hg na Au jest zjawiskiem banalnym.

Podstawowe to zjawisko materializacji, przewidziane zresztą przez teorię Diraca, odbywa się w silnym polu atomowym, w pobliżu jądra, lecz, jak wykazują pomiary, na zewnątrz niego.

Należy tutaj zauważyć, że o ile nie ulega wątpliwości, że materializacja fotonów γ ma miejsce na zewnątrz jądra, wydaje się, że również i wewnątrz jądra materializacja może mieć miejsce.

Pp. Joliot, badając promieniowanie występujące przy bombardowaniu ${}^9_4\text{Be}$ przez cz. α stwierdzili emisję e^- i e^+ o energii kilku MeV. Zastanawiającą jest jednak bardzo wielka liczba otrzymanych e^- i e^+ . Jeśli byśmy założyli, że naboje te są wynikiem materializacji, występujących tam prom. γ , to wówczas wydajność: 1) wytworzenia prom. γ i 2) ich materializacji w tak lekkim pierwiastku, jak Be byłaby bardzo daleka od obserwowanej. Musi więc istnieć jakieś inne źródło tej materializacji. Widocznie pary e^- i e^+ tworzą się już w akcie rozpadu atomowego na koszt energii pól wewnętrznych przedtem, zanim nadmiar energii ukształtował się w postaci fotonu energii promienistej. Chciałoby się powiedzieć, że mamy tutaj do czynienia, ze zjawiskiem materializacji nie fotonu, lecz energii wewnętrznej.

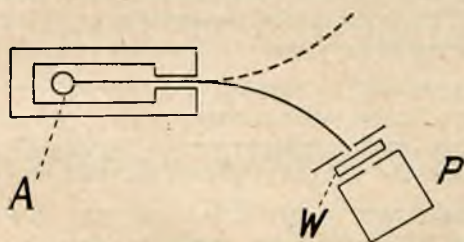
Zresztą możliwość takiego zjawiska została uzasadniona teoretycznie przez Nedelskiego i Oppenheimera.

6. W aktach materializacji, o których tutaj mówiłem, powstają i muszą powstawać zawsze pary e^- i e^+ , a jednak, o ile z łatwością otrzymujemy, ekspery-

tujemy z elektronami, których obecność stwierdzamy na każdym kroku — żyjemy pośród nich, to uchwycenie pozitronów przedstawia trudności, spotykamy się z nim rzadko, w bardzo specjalnych warunkach.

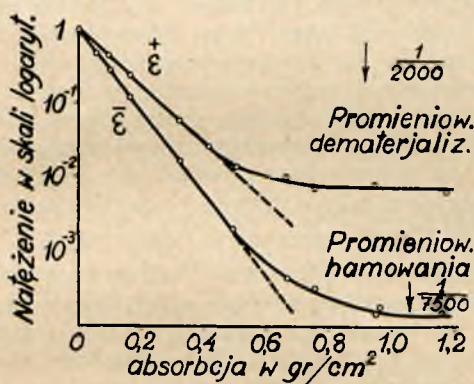
Tak, istotnie, i jest to związane z bardzo krótkim ich życiem — stworzone w akcie materializacji żyją w naszej atmosferze $\approx 3 \cdot 10^{-7}$ sek. i giną. Oto jakie fakty nam o tym mówią.

Wyobraźmy sobie, że badamy pochłanianie w warstwie Al nprz. e^- czy e^+ wysyłanych przez źródło A (rys. 5). Wiązka wychodząca z otworu B może być skie-



Rys. 5.

rowana działaniem pola magnetycznego do przyrządu mierniczego P po przejściu przez warstwę pochłaniającą W; zmieniając jedynie kierunek pola magn., możemy obserwować w identycznych warunkach e^- czy e^+ . Wynik takich pomiarów jest zobrazowany przez krzywe rys. 6, które wykazują znaczną różnicę.



Rys. 6.

Dla elektronów e^- mamy początkowo znaczne ich pochłanianie; przy odpowiedniej grubości warstwy pochłaniającej przechodzą jednak pewne promienie osłabym natężeniu, lecz dość znacznej przenikliwości: są to promienie X, powstałe skutkiem zahamowania elektronów.

Pozitrony e^+ są też pochłaniane, słabiej troszkę niż elektrony, lecz skoro zostają całkowicie zahamowane dają bardzo przenikliwe promieniowanie X o energii około $0,5 \cdot 10^6$, a które przechodzi przez grube nawet warstwy metalu. Skąd się bierze ta wielka ich energia? Wszak elektrony, oddając przy zahamowaniu całą swą energię kinetyczną, wytwarzają prom. X znacznie mniej przenikliwe. Pozitrony o tej samej prędkości, a więc i energii kinetycznej dają prom. X o energii znacznie większej.

Cóż mogą one dać więcej aniżeli wszystką energię kinetyczną, jaką posiadają? No... chyba same siebie. Biegający e^+ zostaje hamowany i wreszcie w pewnej chwili łączy się z e^- jakiegoś atomu. W akcie tym nastę-

puje nie tylko zubożenie ładunku elektr., lecz i unicestwienie masy elektronu i positronu.

Wdzieliśmy już, że równoważnik energetyczny masy elektronu $E = m_e c^2 = 0,52 \cdot 10^6$ eV, a więc przy znikaniu masy e^- i e^+ mamy do dyspozycji energię $1,04 \cdot 10^6$ eV. Jednak, ponieważ akt ten odbywa się po wyczerpaniu energii kinetycznej pozitronu, a więc $\sum m \cdot v = 0$; zasada zachowania pędu wymaga, aby po akcie unicestwienia również $\sum m v$ (fotonów) = 0. Ponieważ zrodzony foton unosi z sobą pęd $\frac{h\nu}{c}$, więc $\sum \frac{h\nu}{c} = 0$ tylko wówczas, gdy wytworzą się 2 fotony o przeciwnych sobie kierunkach i pędach. Na każdy z nich przypadnie więc $\frac{1}{2} (m_{e^-} + m_{e^+}) c^2$, t. j. 0,5 MeV.

Istotnie za pomocą pięknych pomiarów stwierdzono, że na każdy unicestwiony pozitron przypada 2 fotony promieni X o energii 0,5 MeV. Mamy więc w sposób niezbity stwierdzone unicestwienie elementarnych składników materii, jakimi są pary: elektron + pozitron.

7. Po zapoznaniu się z faktami materializacji e^- i e^+ narzuca się pytanie, czy możemy odnaleźć te same zjawiska w zastosowaniu do cięższych ziarenek materii. Niestety, obecnie nie mogę jeszcze wskazać PP. doświadczenia, w którym potrafilibyśmy stworzyć czy unicestwić choćby proton, czy neutron, nie mówiąc już o atomach cięższych. Jasnym jest jednak, że w takim przypadku wchodziłyby w grę znacznie większe energie.

Równoważnik energetyczny masy protonu ${}^1_1\text{H} = 1,66 \cdot 10^{-24}$ gr, wynosi $940 \cdot 10^6$ eV czyli około jednego miliarda eV, dla atomu He wynosi on $3,7 \cdot 10^9$ eV. Pocisków o takiej energii nie potrafimy jeszcze wytwarzać i nic też dziwnego, że dostęp do zagadnienia dematerializacji całych atomów na drodze doświadczalnej jeszcze mamy zamknięty.

Jednak pewne zjawiska, które najprawdopodobniej należą do interesującego nas tutaj działu, są dostępne naszej obserwacji. Mam tu na myśli zjawiska objęte ogólnym mianem promieni kosmicznych.

Na drodze czysto doświadczalnej możemy stwierdzić, że w przestrzeni nas otaczającej istnieje jakieś promieniowanie o bardzo wielkiej przenikliwości; przechodzi ono przez nasze ciała, przez mury tej oto sali — nawet panczerze Pb pół-metrowej grubości nie uchroniłyby nas całkowicie od ich działania. Obecność ich stwierdzamy, wyszukując głównie ich zdolność jonizowania gazów, stosując zatem czy to komory jonizacyjne — czy to fotografując ich tory w komorze Wilsona.

Źródło ich jest bezsprzecznie poza ziemią, w miarę bowiem oddalania się od ziemi, a robiono pomiary aż do 30 km ponad powierzchnią ziemi, ich natężenie wzrasta. Na powierzchni ziemi obserwujemy jedynie resztkę tego, co się pozostało po pochłonięciu promieniowania przez całą naszą atmosferę. Są to zatem znaki przynoszące wieści z zaświatów. Rzadko może wyraz ten obrazuje tak dobrze treść.

Istotnie pomiary stwierdzają niezależność natężenia promieniowania kosmicznego tak od czasu słonecznego, jak i gwiazdowego, nie zależy ono od położenia Drogi Mlecznej. Nie ulega więc wątpliwości, że jeśli nie całość to znakomita ich część ($> 99, \dots$ %) pochodzi nie tylko nie z ziemi, czy naszego układu słonecznego, lecz nawet nie z układu związanego z Droga Mleczną; źródło ich leży poza naszym układem galaktycznym.

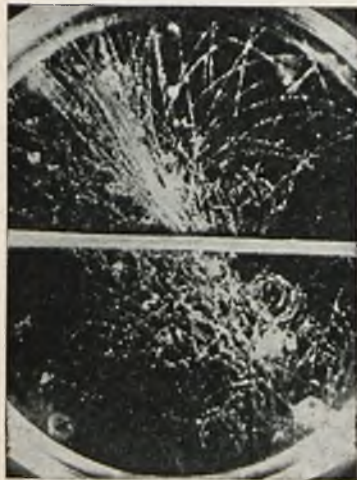
Promienie kosmiczne w naszych metodach badawczych przejawiają się głównie w postaci pocisków elektronowych i pozitronowych czy może protonowych,

a których energie wyznaczyć możemy na drodze najbardziej bezpośredniej, mierząc zakrzywienie ich toru w polu magnetycznym.

Zwróćmy uwagę, że obserwacje nasze będą zawsze mniej czy więcej zniekształcone i pogmatwane przez zjawiska wtórne, jak wielokrotne rozproszenie, wyzwianie nabożów, promieniowanie hamowania, dezintegracje atomów — wszystko to zniekształca pierwotne zjawisko. W każdym jednak akcie zakłócającym zachodzi oczywiście degradacja energii. Największe zatem możliwości wykrycia ich pierwotnej postaci znajdziemy w najbardziej przenikliwych, w najbogatszych energetycznie składowych, będą one najbardziej „oryginalne”. Wyprowadzanie natomiast wniosków na podstawie danych o składowych mniej przenikliwych musi być robione z niesłychaną ostrożnością.

Pomiary składowych przenikliwych dają nam energię rzędu miliardów eV. W ostatnich badaniach mierzono energię do $15 \cdot 10^9$ eV.

Więcej nawet. Promienie kosmiczne wywołują w materii t. zw. zjawisko wytrysków, których wyjątkowo piękny przykład mamy oto na rys 7. (Anderson, sierpień 1936).



Rys. 7.

Źródła o tak kolosalnej energii nie znamy w naszych pracowniach. Jednak te zjawiska, które obserwujemy, dają nam podstawę do szukania wyjaśnienia w zjawiskach dematerializacji, które jedynie mogą być źródłem takich energii. Istotnie skala mas znanych nam atomów rozciąga się od 1 dla wodoru do 238 dla uranu. Przerachowując to na energię unicestwienia, otrzymujemy skalę od 1 do dwustu kilkudziesięciu miliardów elektronowoltów. Właśnie ten obszar energii stwierdzamy doświadczalnie w promieniach kosmicznych.

Akty takiej dematerializacji, których konsekwencje widzimy w promieniach kosmicznych, aczkolwiek, jak wydaje się, niezachodzą na ziemi, jednak dostarczają średnio dość znacznej energii. Według obecnie posiadanych danych można liczyć, że w naszych szerokościach geograficznych otrzymujemy 1 pocisk co 50 sek. na 1 cm^2 . Energia otrzymywana na powierzchni ziemi wynosi $3-4 \cdot 10^{-3} \text{ erg sek}^{-1}/\text{cm}^2$. Otóż całkowite promieniowanie gwiazd wynosi, około $5 \cdot 10^{-3} \text{ erg sek}^{-1}/\text{cm}^2$. A więc jest to energia tego samego rzędu.

Jeśli uwzględnimy, że w przestrzeniach międzygalaktycznych gęstość promieniowania gwiazd jest znacznie słabsza wówczas, gdy natężenie prom. kosm. jest napewno zbliżone do tego, jakie stwierdzamy w naszym punkcie świata, to wydaje się uzasadnioną opinią,

że więcej jest energii w postaci prom. kosmicznych, aniżeli w postaci światła i ciepła. Wobec jednak ogromu ilości materii, całe promieniowanie kosmiczne może pochodzić z unicestwienia bardzo drobnej części materii wszechświata.

W obecnym stadium naszych badań dość trudno dać jednoznaczną odpowiedź na pytanie, dotyczące warunków tego unicestwienia kosmicznego. Rozważania nowej teorii kwantów nie są dość pewne. Najdalej posunięte rozwinięcia teoretyczne Diraca dają zbyt wielkie prawdopodobieństwo dematerializacji. W założeniu ich słuszności i przy najbardziej nawet pesymistycznej ocenie wieku gwiazd, winnyby te ostatnie być już od bardzo dawna zdematerializowane.

Unicestwienie to mogłoby się odbywać samorzutnie lub też na drodze wymuszonego przez czynniki innego pochodzenia rozpromieniowywania. Według Jeansa ta druga możliwość jest mało prawdopodobna.

Istotnie, aby w gwiazdzie mogły być energie wymuszające dematerializację, musiałby ośrodek osiągnąć temperaturę rzędu 10^{12} stopni. Otóż takie temperatury są do pomyślenia jedynie w zagęszczonych wielkich skupiskach materii. Wytworzone tam promienie kosmiczne mogłyby przeniknąć zaledwie warstwy rzędu kilkudziesięciu kilometrów zagęszczonej materii gwiazdowej. Z wielkiej zatem gwiazdy w ogóle by one nie wyszły, bo ich energia zostałaby zdegradowana przez kolejne zjawiska Comptona. Z drugiej strony w środowisku o temp. niskiej nie może być wymuszonej dematerializacji.

Wydaje się więc, że ważny ten proces odpowiedzialny za prom. kosm., które obserwujemy, odbywa czy odbywał się na drodze samorzutnego rozpadu i to w środowiskach o małym zagęszczeniu materii. (Oczywiście, że w środowisku o dużym zagęszczeniu proces ten odbywać się może, lecz wskutek degradacji energii, nie może się on przyczyniać w sposób dostrzegalny do ogólnego obserwowalnego natężenia prom. kosm.).

Gdzie i kiedy zostały one wytworzone?

Jednoznacznej odpowiedzi dać nie możemy. Przytoczę jednak charakterystyczne uwagi Jeansa, zaznaczając, że rozpatrywać to musimy w skali kosmicznej, w której miarą odległości byłyby lata świetlne, a częściami składowymi układy dróg mlecznych i układy mgławic.

W takiej przestrzeni średnia gęstość materii jest niesłychanie mała, bo rzędu 10^{-30} gr cm^3 . Jeśli więc wiązka promieni kosmicznych biegnie nawet z prędkością światła $3 \cdot 10^{10} \text{ cm sek}^{-1}$, to wiązka ta prześwietla w jednej sekundzie $3 \cdot 10^{10} \cdot 10^{-30} = 3 \cdot 10^{-20} \text{ gr cm}^2$ materii. Otóż z doświadczeń (Regenera nprz.) wiemy, że nie najtwardsza składowa, odpowiadająca $\sim 3-4 \cdot 10^9$ eV jest osłabiona o 2% przez 1 m wody. A więc jej osłabienie o 1% wymaga już zagęszczenia materii 50 gr cm^2 . Pnieważ w 1 sek. wiązka promieni kosmicznych prześwietla zaledwie $3 \cdot 10^{-20} \text{ gr cm}^2$, a więc, aby być osłabioną o 1%, musi biec

$$\frac{50}{3 \cdot 10^{-20}} \text{ sec.} = 16 \cdot 20^{20} = 5 \cdot 10^{13} \text{ lat.}$$

Natężenie spadłoby do połowy po $5 \cdot 10^{13}$ latach.

Jest to czas znacznie dłuższy, niż wiek gwiazd, i przenosi nawet ocenę wieku wszechświata. W naszej więc skali możnaby powiedzieć, że te najtwardsze składowe są praktycznie niezniszczalne. W pierwszym przybliżeniu wydaje się, że wszechświat jest przeniknięty promieniowaniem dematerializacyjnym tylko niewiele

zmienionym w stosunku do tego, jakie było w ogóle wytworzone. W obecnej chwili potrafimy jedynie stwierdzić obecność promieni kosmicznych, ale nie potrafimy powiedzieć, czy ono rodzi się stale, czy rodziło się w jakichś szczególnych okresach ewolucji kosmosu, czy też może jedynie w zaraniu historii świata.

Jak to mówi Jeans: Promieniowanie kosmiczne wskazuje tylko, że gdzieś i kiedyś w historii wszechświata była unicestwiona materia.

Poznanie wszystkich tych tak niesłychanie doniosłych zjawisk, jakie przedstawiłem PP. jest wynikiem badań fizycznych ostatnich zaledwie lat i wielkość zdobyczy zdumiewa najbardziej śmiałą myśl ludzką.

Na zakończenie pozwolę sobie przytoczyć jedno z pytań Newtona, które zwykł był on zapisywać, skoro nasuwały mu je zagadnienia, a nie znajdował na nie odpowiedzi:

„Czy ciała wielkie i światło nie przemieniają się jedno w drugie i czy ciała nie mogą otrzymywać, w znacznej części, zdolności działania od cząsteczek światła wchodzących w ich skład?

Przemiana ciał w światło i światła w ciała odpowiada biegowi przyrody, która się temi przemianami napawa”.

Oto co mówi pytanie Newtona, pisane przed rokiem 1665.

Elektryfikacja portowych nabrzeżnych urządzeń przeładunkowych

Inż. Stefan Baranowski – Gdynia

Streszczenie. Zagadnienie równości biegu napędowych silników asynchronicznych prądu trójfazowego przy urządzeniach posuwu długich bramomostów przeładunkowych. Urządzenia posuwu z dwoma silnikami i mechanicznym wyrównawczym systemem różnicowym, oraz napędy z dwoma silnikami asynchronicznymi o wspólnie sprzężonych wirnikach. Warunki pracy silników napędowych mechanizmów dźwigarek. Wymagania stawiane tym silnikom i ich sterowanie. Sterowanie chwytaka dwoma silnikami asynchronicznymi prądu trójfazowego. Sterowanie chwytaka z zastosowaniem przekładni planetarnych. Połączenia elektrycznego hamowania i wykresy krzywych funkcji $n = f(M_d)$. Sterowanie dźwigarek silnikami komutatorowymi szeregowymi prądu trójfazowego.

1. Zagadnienie równości biegu silników asynchronicznych przy napędach posuwu długich bramomostów przeładunkowych.

Przy wyborze połączeń elektrycznych napędów długich mostów przeładunkowych muszą być uwzględniane różnice obciążeń obydwóch mechanizmów. W pierwszej zaś mierze należy przestrzegać, by nominalny moment obrotowy silników nie był przekraczany wzwyż lub w dół ponad dozwoloną normę. Dla biegu przybliżenie równego pożądane są takie rodzaje silników oraz połączeń elektrycznych, przy których liczba obrotów nieznacznie się zmienia przy obciążeniu. Takimi są maszyny o charakterystyce włączenia bocznikowego, jak silniki asynchroniczne prądu trójfazowego, silniki bocznikowe prądu stałego i ewen. silniki prądu stałego o podwójnym załączeniu. Przy maszynach tych możliwe różnice liczby obrotów wynoszą stosunkowo niewielki procent. Silniki asynchroniczne prądu trójfazowego będą w praktyce dostatecznie równo, gdy tylko są wyłączone wszystkie opory rozruchowe i regulacyjne. Przy mechanizmach posuwu mostów przeładunkowych mogą zawsze wystąpić pewne różnice biegu nawet przy równym obciążeniu obu mechanizmów. Dlatego przy napędach paroma silnikami, urządzenia elektrycznych sterowań są tak przewidziane, aby tymi silnikami można było sterować wspólnie lub pojedynczo i wyrównać ew. zachodzące skośne ustawienia mostów.

a) Godny uwagi przykład dwusilnikowego sterowania posuwów bramomostów przedstawiają mechanizmy dwóch pierwszych dźwigów o rozpiętości podstaw wynoszącej 80 m., ustawionych w Gdyni w roku 1926 i przeznaczonych dla przeładunku węgla i rudy. Na dźwigach tych zastosowano dla każdej podpory osobny napęd z sil-

nikiem asynchronicznym prądu trójfazowego i elektro-mechaniczny system wyrównawczy budowy firmy BBC. Obydwa mechanizmy posuwu mostu napędzają zapomocą lekkich wałów przyrząd różnicowy, umieszczony na środku dźwigu i działający w ten sposób, że w przyrządzie, przez włączanie z pomocą małego nastawnika oporów rozruchu, zmniejsza się liczbę obrotów silnika szybciej biegnącego. Jeśli mimo to powiększa się skośne ustawienie dźwigu, wtedy na drugiej pozycji nastawnika wyłącza się szybciej idący silnik na tak długo, aż nastąpi równe ustawienie mostu, po czym dopiero automatycznie włącza się unieruchomiony silnik. Schemat połączeń elektrycznych opisanego układu różnicowego przedstawia ryc. Nr. 1.

b) Opisane wyżej urządzenia wyrównawcze biegu dwóch silników są kosztowne, gdyż oprócz pomocniczego wału mechanicznego, łączącego mechanizmy posuwu obu podstaw wymagają jeszcze mechanizmów różnicowych oraz kilkunastu przekładników. Równość biegu dwóch silników asynchronicznych da się w dostatecznej mierze osiągnąć środkami prostymi i dopuszczalnymi dla mechanizmów dźwigowych. Doświadczenia wykazały, że przy dwóch asynchronicznych silnikach prądu trójfazowego, które są załączone do jednej sieci i połączone wspólnie swoimi wirnikami, będą równe napięcia i częstotliwości prądów ich wirników. Tym samym będą także równe ich liczby obrotów, ustalone ściśle przez wielkość napięcia i częstotliwości. Silniki asynchroniczne równej mocy zachowują się więc jak dwa silniki synchroniczne. Przy jednakowym ich obciążeniu w chwili włączenia, ustawią się ich wirniki fazowo równo, a różnica przeciwnie do siebie zwróconych napięć wirnikowych będzie równa zeru. Przy silniejszym obciążeniu jednego silnika nastąpi opóźnienie jego biegu i przekręcenie o pewien kąt wirnika jednego w stosunku do drugiego. Tym samym nastąpi przesunięcie faz napięć wirnikowych. Ze wzrostem przesuwów faz podniesie się różnica napięć, wywołująca prąd wyrównawczy i moment synchronizujący. Prąd wyrównawczy dawał będzie bardziej obciążonemu silnikowi dodatkowy moment, który pozostawił do dyspozycji silnik słabiej obciążony. W ten sposób powstanie równe obciążenie obydwóch silników. Napięcie wirnika silnika asynchronicznego prądu trójfazowego posiada swą najwyższą wartość w stanie jego spoczynku. Napięcie to maleje z rosnącą liczbą obrotów. Gdy się więc dla celów wyrównania załączy dwa silniki w ten sposób do sieci, że ich wirniki obracać się będą zgodnie z kierunkiem

poła wirującego, to z rosnącą liczbą obrotów będą maleć napięcia wirników, a z tym także prąd wyrównawczy. W podobny sposób moment synchronizujący maleje również i dochodzi do niewielkich wartości przy szczupłym poślizgu, który odpowiada krótko-zwartemu oporowi roz-

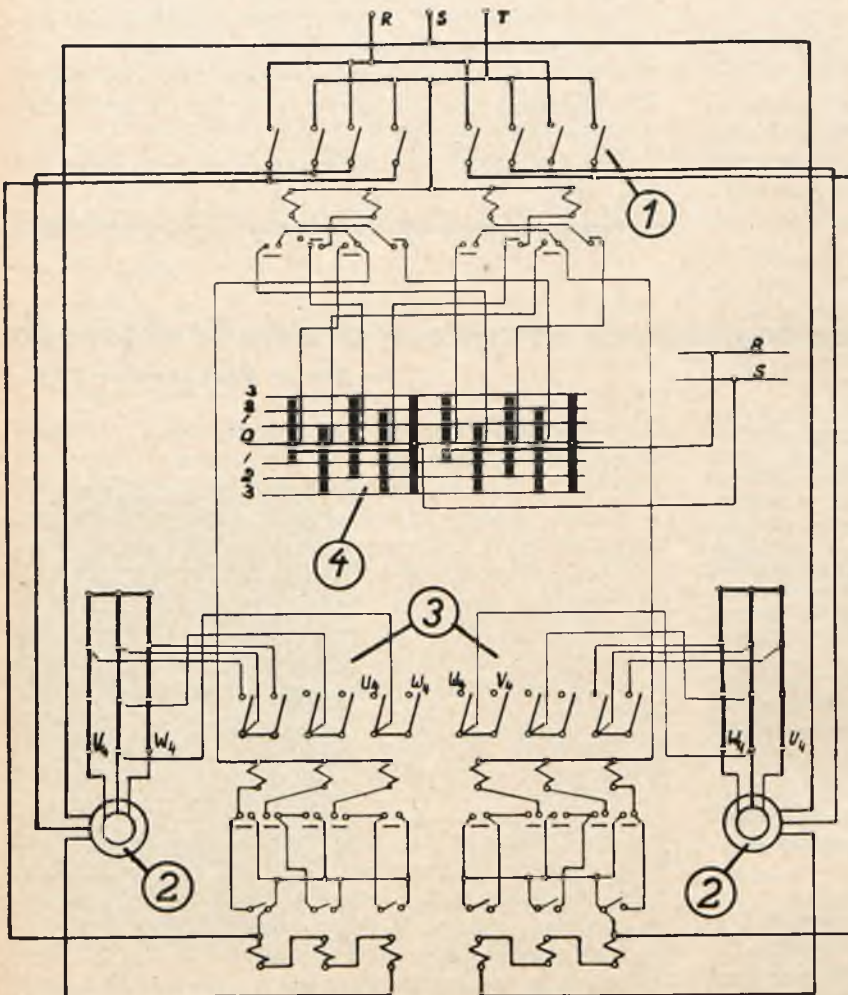
czeń silników napędowych do sieci prądowej zmieniają się z czasami wyłączeń, przy czym czas wyłączenia prawie zawsze jest dłuższy od czasu załączenia. Przebieg ten może się powtarzać kilkakrotnie w każdym okresie gry (skoku) dźwigu. Podczas tej pracy w ruchu dźwigowym mogą zachodzić chwilowe przerwy, lecz przerw tych nie bierze się pod uwagę przy doborze silnika dźwigowego, gdyż często zachodzi praca bez przerwy w ciągu kilku-nastu godzin.

Rys. Nr. 3. przedstawia wykres normalnej pracy dźwigu 1½ tonowego przy wyładunku drobnicy (skrzynek z owocami), z okrętu na rampę magazynu. Na osi odciętych odłożone są kolejno następujące po sobie całkowite okresy pracy (skoki) dźwigu, — na osi rzędnych czas ich trwania i czas poszczególnych operacji. Powierzchnie zacięniowane odnoszą się do pracy silników, białe natomiast do oczekiwania, wzgl. do pracy pomocniczego personelu przeładawczego. Na wykresie przedstawiona jest praca tylko dwóch silników, gdyż przy tym wyładunku nie zachodziła potrzeba uruchamiania innych mechanizmów. Wykres ten daje dość dokładny obraz przebiegu pracy silników, lecz nie uwidocznione są wszystkie krótkotrwałe załączenia podczas każdego kresu pracy dźwigu.

Na rys. Nr. 4. przedstawiono podobny wykres pracy żórawia o nośności 7,0 ton przy wyładunku grubego węgla z wozów kolejowych, ustawionych na torach przybrzeżnych na okręt. Widoczny prawie dwukrotnie krótszy czas trwania czynności „Podnoszenie I i II” od „Opuszczanie II i I” jest uzasadniony koniecznością zachowywania specjalnej uwagi przy posuwach chwytaka we wnętrzu okrętu lub opuszczania na wagony.

Dla porównania na rys. Nr. 5 przedstawiony jest wykres pracy silników wciągarki i czołowej wywrotnicy wagonowej. Szczególnie uwidacznia się bardzo wysoki czas trwania załączeń silnika wciągarki,

a trudność pracy pogarsza jeszcze to, że przy każdym wciąganiu wozu nie do uniknięcia są gwałtowniejsze podrywy i kilkakrotne włączanie silnika.



Rys. 1.

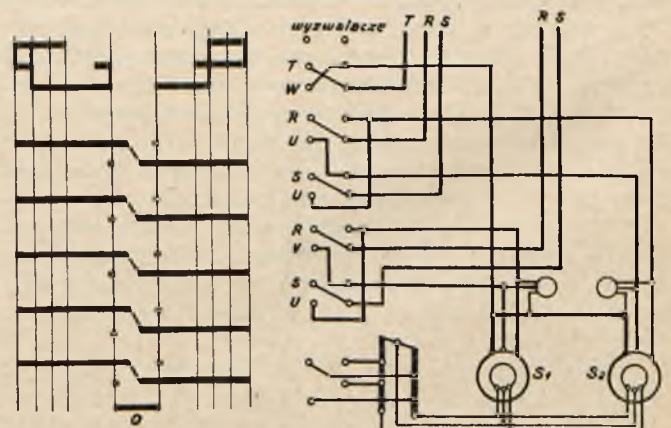
Schemat połączeń napędu posuwu bramomostów 2-a silnikami asynchronicznymi z układem różnicowym, 1, 3 — przełączniki uzwojeń stojanów i wirników; 2 — silniki, 4 — nastawnik różnicowy.

ruchu. Tego rodzaju połączenie dwóch napędowych silników mechanizmu posuwu bramy zastosowano w Gdyni na dwóch dźwigach, ustawionych w roku ubiegłym na nabrzeżu Polskim. Rys. Nr. 2.

Oslabienia momentu synchronizującego z rosnącą liczbą obrotów można uniknąć przez to, że się z silnikami napędowymi sprzęga sztywno silniki wyrównawcze i pozwala im biec przeciw ich polom wirującym, albo też wybrać liczbę biegunów silników wyrównawczych taką, by nawet przy najwyższej liczbie obrotów silników napędowych, obroty maszyn wyrównawczych pozostawały jeszcze dostatecznie odległe od ich synchronizmu. Przy tym układzie wzrasta moment synchronizujący (i siła sprzężenia) przy pełnej liczbie obrotów silników napędowych jeszcze ponad wartości osiągalne w czasie postoju.

2. Mechanizmy dźwigarek i sterowania chwytaka.

a) Przy dźwigach przeznaczonych do ruchu portowego i kilku innych gałęzi przemysłu, mechanizmy podnoszenia, zwane krótko dźwigarkami, wykonywują pracę przenoszenia ciężaru, podczas której krótkie czasy zał-



Rys. 2.

Schemat połączeń napędu posuwu bramy dźwigu dwoma silnikami o sprzężonych elektrycznie wirnikach.

Podobnie jak inne urządzenia dźwigowe, również napędowy elektryczny silnik musi odpowiadać pewnym wymaganiom, z których ważniejsze natury mechanicznej są:

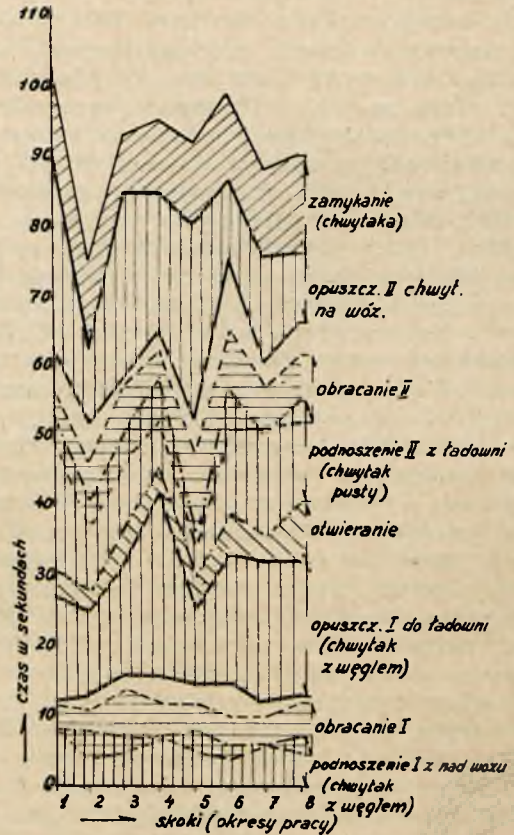
- a) niewrażliwość na wstrząsy i zabrudzanie;
- a) niewrażliwość na częste i szybkie przesterowywania i rozruchy pod obciążeniem, gdy są sprzężone sztywno z mechanizmami o dużych masach, które muszą być szybko przyspieszane i zahamowywane;
- c) poza tym dźwigowe napędowe silniki winny być proste i pewne w obsłudze i tym samym mogące zność dorywczy i niefachowy dozór.

Wymagania te nasuwają potrzebę celowo przemysłowej i mechanicznie silnej budowy. Wymagania natury gospodarczej, jak: wolna od strat regulacja obrotów, dobre współczynniki sprawności i mocy stawiane są na drugim miejscu.

Dobór silnika dźwigowego wymaga przeprowadzenia szeregu starannych prób w warunkach możliwie zbliżonych do spotykanej wyteżonej pracy dźwigu. Należy więc brać pod uwagę dane odpowiadające największemu obciążeniu. Jednakże nie oblicza się w nich urządzeń, gdyż te wypadłyby za duże, zadrogie i były dla ruchu normalnego nieporęczne i ciężkie. Dane o stosunkach maksymalnych winny być tylko dlatego użyte, aby móc wypróbować urządzenia elektryczne czy one wystarczą dla największego obciążenia. Silniki muszą być wykonane ze specjalną dokładnością, gdyż najdrobniejsze nawet niedociągnięcia warsztatowe, które i tak zostaną ujawnione w krótkim czasie przy wyteżonej pracy, stać się mogą przyczyną poważnych przerw w ruchu dźwigów. W tym leży istota powodów, że pewne serie silników napędowych mechanizmów dźwigarek i sterowania chwytaka zostały usunięte z ruchu portowego, jako nieodpowiadające zasadniczym wymaganiom.

Zbytne rozgrzewanie się silnika, wykazujące się po parogodzinnej pracy, jest powszechnie znanym objawem wyboru silnika zamałej mocy, natomiast usterki mechaniczne w rodzaju: luzowania się korpusów wirników na wałach i wybijanie ich klinów mocujących i klinów przy tarczach sprzęgłowych, obrywanie skrzydeł wentylatorów,

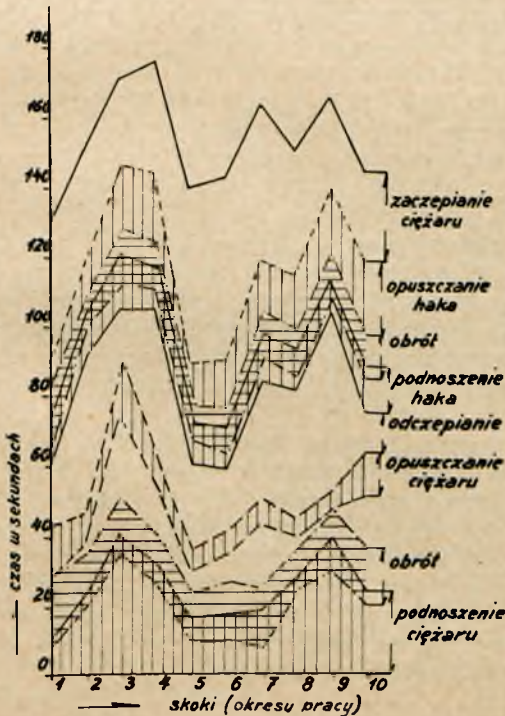
wybijanie łożysk panewkowych, odlutowywanie końcówek uzwojeń i wiele innych decydują o utrzymaniu się całych dostaw silników w ruchu dźwigowym.



Rys. 4.

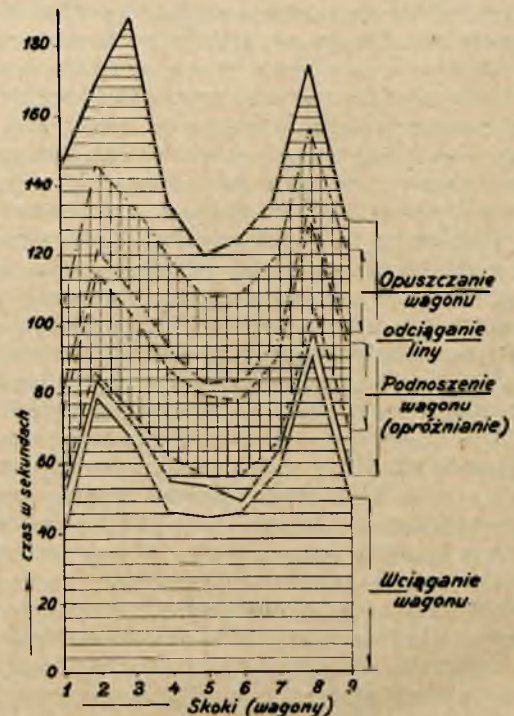
Wykres pracy żórawia nośn. 7 ton przy przeład. węgla.

Silniki urządzeń portowych, a w pierwszej mierze silniki mechanizmów dźwigarek i sterowania chwytaka, jak również mechanizmów obrotu i zmiany wypadu nie



Rys. 3.

Wykres żórawia przy przeładunku drobnicy.



Rys. 5.

Wykres pracy wciągarki wagonowej transportera taśmowego.

powinny mieć łożysk panewkowych. Praktycznie nie podlegające ścieraniu łożyska rolkowe usuwają skutecznie możliwość ocierania się korpusów wirnika i stojana, uszkodzenia uzwojeń, zabrudzenia smarami itp. Stosowanie łożysk rolkowych umożliwia ustawienie silnika w dowolnej pozycji, pozwala na zwartą budowę, mniejszą szczelinę powietrzną i znaczne skrócenie wału, który przez to jest mniej narażony na zgięcie. Szczególniej przy silnikach kołnierзовых wartościowym jest skrócenie budowy korpusu. Zmniejszenie szczeliny powietrznej ma w następstwie zmniejszenie prądu magnesującego, mniejsze rozgrzewanie i polepszenie współczynnika dzielności.

Pewna część urządzeń przeładunkowych w porcie narażona jest w większej mierze na zabrudzenie pyłem przeładowywanych towarów, jak rud, węgla, nawozów sztucznych, oraz smarami i wodą. Również szkodliwym jest wpływ nadmorskiej atmosfery, powodującej szybsze rdzewienie odkrytych żelaznych części silników, oraz zwilżającej ich uzwojenia podczas dłuższych postojów. Dla tych urządzeń należy bezwzględnie wybierać silniki ze szczelnie zamkniętymi korpusami, jakkolwiek niektóre z nich pracują w zamkniętych pomieszczeniach. Przy tym najmniej pożadnym jest stosowanie dodatkowych osłon w rodzaju skrzyń drewnianych, które tylko pogarszają normalne chłodzenie silnika. Również doniosłej wagi w ruchu portowych urządzeń jest sprawa ujednostajnienia głównych zewnętrznych wymiarów tych seryj silników, które przeznaczone są do ruchu dźwigowego. Bardzo duża różnorodność typów silników zainstalowanych na stosunkowo niewielkiej ilości dźwigów portowych w Gdyni, wprowadza poważne trudności w utrzymywaniu ruchu oraz w ciągłym magazynowaniu kosztownych rezerw. Sprawą tą winny się zainteresować koła fachowe.

Poza wymaganiami natury mechanicznej winny być również uwzględniane: moc, moment rozruchu, liczba obrotów, właściwe namagnesowanie silnika, właściwy rozdział strat w żelazie i miedzi, jego rozgrzewanie się pod wpływem czasowych działań prądu rozruchu przy włączeniach, oraz należyte stopniowanie oporów rozrusznika.

Przy niewłaściwym wyborze stopniowania rozrusznika zawieść może najlepszy silnik. Przy określonym oporze zewnętrznym czas rozruchu osiąga wielkość minimalną. Wielkość prądu rozruchu i czas trwania włączeń stanowią w pierwszej mierze o rozgrzewaniu się silnika. Ze wzrostem więc zewnętrznego oporu maleje temperatura uzwojeń stojana. Im większy jest zewnętrzny opór, tym większa część energii cieplnej rozruchu i hamowania zniszczona zostanie na zewnątrz maszyny. Im wyższą jest liczba gier dźwigu, oraz włączeń silnika, tym większy będzie udział potrzebnego czasu dla przyspieszania, licząc w ogólnym czasie trwania załączeń. Przy równych więc trwaniach załączeń, liczonych w procentach ogólnego czasu pracy dźwigu, musi być wybrany większy silnik dla większej ilości gier dźwigu, a mniejszy dla mniejszej liczby gier. Dla napędów przeznaczonych do dużej częstotliwości włączeń szkodliwy jest duży własny moment bezwładności wirnika silnikowego, gdyż im większy jest moment bezwładności mas przyspieszających lub opóźniających, tym większe są czas rozruchu i czas hamowania jak również ciepło powstające przy rozruchu i hamowaniu silników. Silnik przekroczy dopuszczalną granicę rozgrzewania, gdy nie będzie wyłączony w chwili osiągnięcia granicznego nagrzania. Przy asynchronicznym silniku z pierścieniami, którego prąd rozruchu jest mniejszy, niż innych silników nieco mniejsze znaczenie na przebieg rozgrzewania ma wielkość prądu rozruchu, z wielkością w kwadracie którego wzrastają straty ciepłe uzwojeń. Stra-

ty te przy każdym przyspieszaniu będą zamieniane w dużej swej części na ciepło nazewnątrz silnika w oporach rozruchowych. Straty ciepłe silnika są dość dostatecznie oznaczone przez ustalenie momentu obrotowego, którym jest silnik obciążony. W granicach praktycznie występujących jest prąd wirnikowy proporcjonalny do momentu obrotowego, tak że się przyjmuje straty proporcjonalne do kwadratu prądu, o ile nie zmienia się stosunki przez wpływ nasycenia i z tym prądu stojana. Aby moment bezwładności utrzymać możliwie małym, przewiduje się silniki z żeberkami i wzmocnioną wentylacją dla ułatwienia odpływu ciepła. Niektóre firmy stosują również wytrzymałą na ciepło izolację.

Przy założeniu stałej dopuszczalnej temperatury moc silnika asynchronicznego prądu trójfazowego szybko spada ze wzrostem liczby włączeń i to tym bardziej, im wyższe jest nasycenie i moment szczytowy (Kippmoment). Ograniczenie więc najwyższej mocy silnika spowodowane jest jego rozgrzewaniem i tym, że silnik przy przekroczeniu określonego obciążenia zatrzymuje się lub też wcale nie rozpocznie się obracać, jeśli potrzebny moment obrotowy jest większy od stojącego do dyspozycji momentu najwyższego.

Obciążenie silników napędowych w ruchu dźwigów następuje w szybko idących po sobie regularnych okresach z równymi czasami włączeń i przerw. Duża różnorodność pracy portowych urządzeń utrudnia dokładne ujęcie warunków pracy ich silników napędowych. Warunki te zależą nie tylko od rodzaju i wielkości urządzenia przeładunkowego, od sposobu jego budowy, wielkości spotykanych ciężarów, lecz i do rodzaju towarów, od których zależy częstotliwość włączeń, od doboru obsługi itp.

b) Jeszcze do niedawna wszystkie silniki dźwigowe budowano wg danych dla mocy dorywczej, a różne trudności ruchu silników były uwzględnione przez wybór dłuższego czasu pracy. Dopiero w roku 1919 C. Schiebeler zalecił, aby za podstawę doboru silników napędowych w pierwszej mierze mechanizmów dźwigarek brać względne trwanie włączeń i z tym, rzeczywiste stosunki obciążenia ruchu dźwigowego*). Pracę przerywaną, jaka w rzeczywistości występuje w ruchu dźwigów portowych, oznaczono przez względne trwanie włączenia, które jest stosunkiem czasu trwania włączenia do czasu trwania gry. Przez to było możliwym, by dopasować dostateczne wywartościowanie silnika dla rzeczywiście występujących wymagań przerywanego ruchu. Jako punkt wyjściowy wysunął C. Schiebeler cztery wytyczne wartości: względne trwanie włączenia, liczone w procentach, względny ciężar: przyspieszenie pracy i częstotliwość włączeń. Te wytyczne wartości wnoszą elektryczną obciążalność w jednoczesne względy do mechanicznych warunków pracy urządzenia dźwigowego. Potrzebne wartości mogą być łatwo obliczone z czasu pracy i postoju w różnych warunkach pracujących silników, względnie mechanizmów.

W przepisach dzisiaj obowiązujących zaszeregowana jest praca wszystkich silników napędowych w trzy zasadnicze grupy: praca ciągła, dorywcza (czasowa) i przerywana. Odpowiednio dla tych zaszeregowanych mamy moc silników dla pracy ciągłej, dorywczej i przerywanej.

Przy portowych urządzeniach przeładunkowych pracę ciągłą wykonywują w zasadzie silniki napędowe mechanizmów posuwu taśmy transporterów. Pracę dorywczą — silniki mechanizmów wciągarek i wywrotnic wago-

*) C. Schiebeler: Elektromotoren für aussetzen den Betrieb u. Plaunug von Hebezengantrieb. A. Graf: Die Entwicklung der Kranmotoren, E. T. Z. 1936, str. 983.

nowych, posuwów portali, wózków, dźwigów żórawiowych, oraz posuwów bramomostów przeładunkowych. Wreszcie pracę przerywaną — silniki mechanizmów dźwigarek, obrotu i wypadu dźwigów żórawiowych, mechanizmów sterowania chwytaka i posuwów wózków na bramomostach.

c) Łatwość sterowania i zwarta budowa silnika napędowego umożliwiła w dużej mierze dobór i przystosowanie dźwigów do wymagań ruchu portowego. Praca dźwigu zależy nie tylko od rodzaju towarów przeładowywanych, lecz i od układu ładowni i wozów kolejowych, doboru personelu obsługującego dźwig i przeładunek, oraz od wielu innych ubocznych warunków. Jedno niekoniecznie potrzebne uruchomienie mechanizmu dla poprawienia ładunku, zacieśnienia lin itp. przy poszczególnych grach dźwigu zwiększa o znaczny procent zużycie prądu i obciążenie silnika napędowego oraz powoduje jego szybkie rozgrzewanie. Poza tym zbyt pośpieszne i nieostrożne opuszczanie zawieszoności ciężaru, bez należytego zastosowania elektrycznych połączeń hamowania, spowodować może poważne uszkodzenie silnika, gdy ten silnie przeciążony przekroczy dozwoloną ilość obrotów. Zdarza się również, że przy wyładowywaniu niektórych towarów względne trwanie włączenia jest wyższe, niż trwanie włączenia odpowiadające powszechnie przyjętym znamionowaniom.

Dla mechanizmu dźwigarki ważnym jest odpowiedni wybór liczby obrotów silnika napędowego. Obroty silnika mają wpływ na wykonywaną pracę przyspieszania. Mały moment bezwładności ($m \cdot e \cdot G D^2$) i mała ilość obrotów skracają czas przyspieszania i hamowania, oraz pozwalają na stosowanie przekładni jedno lub najwyższej dwustopniowych i tym samym podwyższają użyteczną średnią szybkość i dzielność transportową, poza tym zmniejsza się także zużycie energii dla pracy przyspieszania, co przy częstej zmianie szybkości odgrywa dużą rolę w ogólnej pracy dźwigu. Szczególniej występuje zaleta małego momentu bezwładności silnika przy napędach mechanizmów, przy których bezwładne masy mają duże znaczenie.

Przy wyborze silnika należy uwzględnić najwyższe obroty, jakie może osiągnąć przy bezprądowym opuszczaniu oraz hamowaniu opuszczania przeciągających ciężarów, aby uniknąć zerwania bandaży i uszkodzenia uzwojeń silnika.

d) Czynnikiem w dużym stopniu miarodajnym do oceny urządzenia przeładunkowego jest jego sterowanie. Sterowanie musi odpowiadać dzisiejszym wymaganiom wzmoczonej dzielności przeładowywania i uzupełniać urządzenie pod każdym niemal względem. Szczególniej elektryczne sterowanie przyjęło w ostatnich czasach wysoki stopień rozwoju, a na jego dalsze udoskonalenie zwraca się ciągle baczna uwaga. Istota nowoczesnego sterowania leży w tym, by przy większych dzielnościach mogły być posuwu ciężaru łatwo i pewnie regulowane w g kierunku i szybkości jak tego wymagają względy gospodarce ruchu portowego.

Elektryczne hamowanie jest najważniejszą stroną sterowania dźwigu i jest problemem szczególnie trudnym przy wyborze urządzeń dźwigowych. Problem ten musi być jednakże należycie rozwiązany, gdyż łatwa możliwość natychmiastowego użycia elektrycznego hamowania, również pewnie działającego, jak hamulec mechaniczny, stanowi w dużej mierze o żywotności dźwigu i wpływa dodatnio na samopoczucie personelu obsługującego, co ma wysoce dodatnie znaczenie.

Przy dźwigach portowych zwraca się baczniejszą uwagę na przebieg opuszczania, a szczególnie na hamowanie opuszczania ciężarów, niż na przebieg podnosze-

nia. Przy podnoszeniu ciężarów nie zachodzi tyle czynników komplikujących pracę dźwigu, co przy przebiegu opuszczania. Działanie sił bezwładnych opadającego ciężaru może być groźniejsze w skutkach, niż niepożądane zaczepienie podnoszonym ładunkiem o krawędź ładowni okrętu. Przy większej części dźwigów lekkich (o nośności 1 do 3 ton) pracujących najczęściej pod niepełnym obciążeniem, całą pracę zatrzymywania opuszczanego z dużą szybkością ciężaru podejmuje mechaniczny hamulec, silnik elektryczny jest wtedy wyłączony i nie spełnia żadnej pracy. Przy urządzeniach przeładunkowych większych rozmiarów, przy których spotykane ładunki dorównują często nominalnemu udźwigowi urządzenia, wynoszącemu kilka lub kilkanaście ton, całą pracę zahamowania opuszczanego ciężaru musi ponieść silnik napędowy zarówno dla ochrony mechanicznych hamulców, jak i mechanizmów oraz konstrukcji dźwigów, na które zbyt silnie wpływałyby niedokładności w pracy obsługi i mechanizmów. To też dążenia do udoskonalenia elektrycznych urządzeń dźwigowych odnosiły się przeważnie do mechanizmów dźwigarek, a w pierwszej mierze do ich czynności opuszczania.

Potrzeby posuwów prostych nie wymagają połączeń specjalnych, jakie muszą być stosowane przy hamowaniu opuszczania przeciągających ciężarów, Jako środki sterowania przy silnikach asynchronicznych, przy wyższych wymaganiach na znacznie większe różnice osiąganych szybkości, wchodzi w grę nie tylko zmiany oporów w obwodzie uzwojeń wirnika, lecz także przełączanie części uzwojeń stojana. Przy sterowaniu poza rodzajem prądu miarodajnymi są rodzaj silników i rodzaj połączenia pomiędzy uzwojeniami silników, a siecią i oporami regulacyjnymi, lub szczególnymi regulacyjnymi maszynami, oraz rodzaj obciążenia. Jasne jest, że sterowanie elektryczne jest tym zawilsze, im więcej od niego się wymaga.

Dziedzina elektrycznych sterowań jest ciągle jeszcze otwartą częścią szerokiej dziedziny elektrotechniki.

Opuszczanie zawieszoności ciężaru bez załączania silnika do sieci, czyli przez zwykłe zluźnienie hamulca mechanicznego jest w swoim rodzaju dużym udogodnieniem w sterowaniu dźwigu. Hamulcem mechanicznym da się bez trudności opanować opuszczanie mniejszego ciężaru w granicach praktycznie zachodzących szybkości opadania. To też opuszczanie bez prądu jest skutecznie stosowane przy dźwigach lekkich, przy których poza tym łatwiej stosunkowo jest ustrzec się silniejszego nagrzania tarczy hamulcowej i przedwczesnego zużycia szczęk hamulca. Przy tych urządzeniach jest jednak wymagany staranniejszy dozór mechanizmów, aby zbyt silnie nagrzane tarcze sprzęgłowe nie niszczyły przedwcześnie hamulca, nie powodowały wyciekania smarów z łożysk i zabrudzenia nimi szczęk hamulca i silnika. Przy opuszczaniu bezprądowym silnik napędowy jest wyłączony, i nie tylko nie nagrzewa się, lecz szybciej stygnie, może więc być obliczony dla mniejszego trwania załączeń; również zużycie prądu i koszt eksploatacyjne są nieco mniejsze i dla tego bywa chętnie stosowane to urządzenie na dźwigach o mniejszej nośności.

e) Spośród szeregu różnych portowych urządzeń przeładunkowych w największym stopniu zwrócono uwagę na udoskonalenie urządzeń dla przeładowywania towarów masowych, a szczególnie ich napędów mechanizmów sterowania chwytaka i podnośników.

Sterowania chwytaka są o tyle łatwiejsze od sterowania posuwów długich lub wysokich mostów przeładunkowych, że każdy ruch chwytaka może być dokładnie obserwowany i natychmiast poprawiany. Poprawianie ruchów chwytaka skutecznie kierowca prawie bezwiednie,

gdyż siłą rzeczy musi skierować całą uwagę na pracę zasadniczą urządzenia przeładunkowego. Tym się tłumaczy stosunkowo duża prostota elektrycznych połączeń sterowania chwybaka, oraz pewne odchylenia w wymaganiach osiągnięcia zupełnie równego biegu mechanizmów napędowych, które to wymagania muszą być bezwzględnie spełnione przy napędach dużych bramomostów.

Opuszczanie otwartego chwybaka wymaga szczególnie starannego wyboru połączeń elektrycznych, zwłaszcza gdy niema mechanicznego sprzęgła pomiędzy bębniami lin nośnych i zamykających.

Silnik asynchroniczny prądu trójfazowego przy włączonych oporach rozruchu wykazuje w pewnym stopniu charakterystykę prądu głównego, w ten sposób, że przy małym obciążeniu silnik biegnie nieco prędzej, natomiast przy większym ciężarze spada liczba obrotów. Jeżeli więc silnik zamykania, po wykonanej swej zasadniczej pracy, będzie nieobciążony podczas podnoszenia chwybaka, to przyspieszy on natychmiast swój bieg i podejmie część ciężaru tak, że w krótkim czasie następuje równomierny podział pracy pomiędzy obydwoma silnikami. Dlatego wielkość obydwóch silników powinna być równą i obliczona na połowę pełnej mocy podnoszenia. Ponieważ silnik zamykania jest włączany przy wszystkich ruchach chwybaka, należy więc wziąć za podstawę do obliczeń przypadający jemu czas trwania włączeń. Przy podnoszeniu otwartego chwybaka na pierwszych pozycjach załączania, silnik zamykania będzie miał skłonność do przyspieszenia biegu, przeciwnie więc niż silnik podnoszenia, — natomiast przy opuszczaniu otwartego chwybaka, gdy ciężar jest zawieszony na linach nośnych, silnik podnoszenia będzie przeciągany przez chwybak i pobiegnie prędzej, niż silnik zamykania. W obydwóch wypadkach nastąpi niepożądane zamykanie chwybaka. Dla uniknięcia tego wysuwa się potrzeba, by silnik podnoszenia był elektrycznie hamowany, a silnik zamykania otrzymywał prąd w kierunku ruchu opuszczania i odpowiednio napędzał mechanizm sterujący. Da się to osiągnąć przez różne załączanie obydwóch silników.

Gdy dwa silniki asynchroniczne są jednakowo obciążone, jest zapewniony równy ich bieg przy załączeniu równych oporów w obwód wirnika. W zastosowaniu przy napędach dźwigowych ma to miejsce tylko przy podnoszeniu zamkniętego chwybaka, przy innych ruchach zachodzi potrzeba dosterowywania przez odpowiednie wyłączanie oporów w obwodach silników napędowych.

Przy pracy chwybaka siła ciągnąca liny zamykającej jest powiększona działaniem wciągu w głowicy chwybaka.

Jak wykazały doświadczenia, rolki linowe wciągu wywołują pewnego rodzaju działanie samowstrzymujące (oporu tarcia) w taki sposób, że napełniony chwybak może być zawieszony na linach nośnych, a siła ciągnąca linę zamykającą zmniejszoną do ok. 15% wartości potrzebnej przy zamykaniu bez obawy, by chwybak sam się otworzył. Podobnie rzecz ma się przy podnoszeniu otwartego chwybaka, którego zamykanie następuje, jeśli silnik zamykania ma więcej, niż w ok. 15% normalnego momentu silnika podnoszenia, albo też gdy silnik zamykania przy opuszczeniu hamuje więcej niż ok. 15% swojego normalnego momentu.

Wielkość siły samowstrzymującej powiększa się z liczbą i średnicą zastosowanych przy wciągu rolek linowych. Samowstrzymywanie jest bardzo pożądaną przy wszystkich wypadkach stosowania dwusilnikowego (dwubębnowego) sterowania chwybaka, a szczególnie przy tych, przy których oba bębny linowe napędzane są przez własne silniki i mogą być niezależnie sterowane.

Jak już wspomniano wyżej, przy opuszczaniu otwartego chwybaka są trudniejsze warunki dla równego biegu silników napędowych, niż przy podnoszeniu. Tu zachodzi wymaganie, aby zsynchronizować silniki asynchroniczne lub stosować sprzęgła mechaniczne.

Przy krótkozwartych wirnikach asynchr. silników napędowych odpowiadających ostatnim pozycjom nastawników, praktycznie powstaje ich bieg synchroniczny i mierne są różnice obwodowych szybkości obydwóch bębnow linowych tak, że chwybak pozostaje opuszczany wzgl. podnoszony w stanie niezmienionym. Chwybak będzie się jednakże zamykał, gdy ze względu na pośpiech pracy urządzenia przeładunkowego pragnie się go opuszczać w zakresie biegu nadsynchronicznego.

Z powyższych rozważań widzimy, że prostymi środkami osiągnie się dostateczną równość biegu dwóch asynchronicznych silników pr. trójfaz. napędzających mechanizmy podnoszenia i zamykania, gdy dźwig jest przeznaczony do pracy chwybakami. W wypadkach, gdy mechanizmy dźwigowe przewidziane są poza pracą chwybakami również do pracy innymi przyrządami (haki, toby), oraz w wypadkach, gdy postawione są żądania specjalnie dokładnej równości biegu obydwóch silników, koniecznym jest zastosowanie sprzęgła mechanicznego pomiędzy mechanizmami lin nośnych i zamykających.

Dobre wyniki sterowania chwybaka osiąga się przy stosowaniu dwufazowych połączeń hamowania podsynchronicznego silników asynchronicznych. Przy tych połączeniach, jak również przy stosowaniu przekładni różnicowych nie występują niepożądane ruchy chwybaka przy jego opuszczaniu. Można nawet podczas ruchu opuszczania i podnoszenia chwybak dowolnie otwierać i zamykać bez zmniejszenia szybkości pracy, co ma szczególnie dodatnie znaczenie przy pracy w wąskich ładowniach okrętowych. Podobne wyniki otrzymuje się również przy zastosowaniu do napędu mechanizmu zamykania silników z przełączanymi biegunami. Przy tych silnikach można także wykonywać wszystkie zachodzące ruchy chwybaka przy normalnej szybkości jego podnoszenia lub opuszczania. Urządzenia sterujące są jednakże bardziej skomplikowane od normalnych dla silników asynchronicznych prądu trójfazowego.

3. Napędy sterowania chwybaka z przekładnią planetarną.

Ujemne strony sterowań chwybaków z napędami jedno i dwusilnikowymi ze sprzęgłami i z dodatkowymi hamulcami usuwa przekładnia różnicowa (planetarna). Myśl zastosowania przekładni planetarnych przy napędach mechanizmów dźwigowych powstała na początku bieżącego stulecia. Wówczas to f-ma niemiecka M. A. N. skonstruowała dźwig, w którym bęben linowy do podnoszenia mniejszych i większych ciężarów z dwoma różnymi szybkościami był napędzany w ten sposób, że dwa niezależne od siebie silniki pracowały na bęben zmiennie przez przekładnie zębatą lub planetarną. Tego rodzaju mechanizm windowy zwany także „podwójnym napędem” znalazł szerokie zastosowanie przy urządzeniach dźwigowych. Po różnych próbach i uzupełnieniach, przekładnie dzisiejsze budową swą odbiegają znacznie od pierwszych wzorów.

Nowoczesny mechanizm sterowania chwybaka z przekładnią planetarną posiada dwa silniki, z których jeden — silnik podnoszenia jest obliczony na całą moc podnoszenia, moc drugiego silnika zamykania może wynosić tylko ok. $\frac{1}{2} \div \frac{1}{3}$ mocy silnika podnoszenia. Silniki i bębny są łączone ze sobą przez przekładnie w ten sposób, że silnik podnoszenia napędza zawsze oba

bębny linowe z równą szybkością obwodową, podczas gdy silnik zamykania obraca tylko bęben lin zamykających. Przy załączeniu silnika podnoszenia następuje podnoszenie lub opuszczanie chwytaka, gdyż wszystkie liny są równomiernie ciągnięte, albo zwalniane; jeśli biegnie tylko silnik zamykania, chwytak będzie się zamykał lub otwierał, gdyż tylko bęben lin zamykających jest napędzany. Obydwa bębny są stale ze sobą sprzężone przez przekładnię planetarną, lecz mimo to czynność zamykania jest zupełnie niezależną od czynności podnoszenia. Gdy obydwaj silniki biegną jednocześnie, wtedy dodają się lub odejmują szybkości nadane bębnowi lin zamykających przez obydwaj silniki w ten sposób, że następuje zamykanie lub otwieranie chwytaka podczas jego podnoszenia lub opuszczania.

Przekładnie planetarne oddają cenne usługi przy dźwigach chwytakowych lżejszego typu, przy których wymagana jest duża sprawność pracy mechanizmów. Wadę ich stanowią: wysoka cena, skomplikowana budowa oraz niewykorzystanie silnika zamykania do pracy podnoszenia napelnionego chwytaka. Nowe dążenia idą w tym kierunku, aby silniki zamykania również obciążać podnoszeniem. Skoro na drodze elektrycznej jest osiągnięta dostateczna równość biegu obydwu silników napędowych zarówno przy prądzie stałym, jak i trójfazowym, sprzężenie mechaniczne bębnow linowych precyzyjnymi i drogimi przekładniami planetarnymi stało się niekonieczne. Szczególnie przy dźwigach ciężkich decydującą rolę odgrywa możliwie największe uproszczenie mechanizmów sterowania chwytaka. Mimo to przekładnie planetarne stanowią dziś jeszcze wyraz nowoczesnej techniki dźwigowej.

4. Połączenia elektrycznego hamowania silników asynchronicznych prądu trójfazowego.

a) Używane w ruchu dźwigowym do hamowania biegu maszyny indukcyjne mogą pracować jako generatory, albo w tak zw. zakresie hamowania. Praca silnika jako generatora, jest gospodarczo pożądaną, lecz może być stosowaną tylko przy dużych szybkościach, nie zawsze jednak dozwolonych w ruchu przeładunkowym. Praca w zakresie hamowania jest również ograniczona, pomimo możliwości zastosowania do małych szybkości. Przy tej pracy potrzebne są w obwodzie wirnika duże opory dla ograniczenia prądów i osiągnięcia równego biegu, lecz liczba obrotów silnika wzrasta z rosnącym momentem obrotowym o wiele szybciej, niż to jest potrzebne dla praktycznego ruchu. Dla tego wybór połączeń i przebieg pracy hamowania musi być starannie dobrany. Względny ruch wymagają, by połączenia elektryczne ułatwiły kierowcy opanowanie wszystkich szybkości opuszczania dużych ciężarów i dały możliwość elektrycznie zahamować nie tylko przed zatrzymaniem, lecz by silnik podczas całego przebiegu opuszczania przeciągających ciężarów wydawał dostateczne momenty hamowania. Dużą część wysiłków skierowujemy się na to, by połączeniami elektrycznego hamowania osiągnąć te same zdolności, jak przy mechanicznym hamulcu.

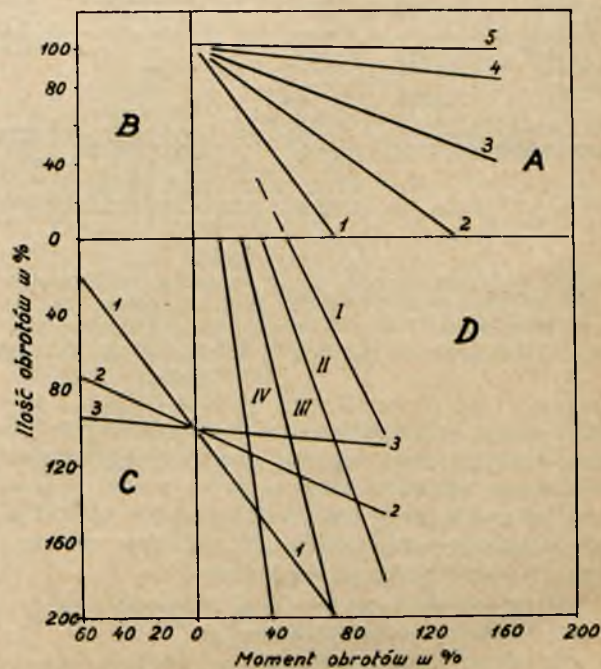
Do znanych połączeń elektrycznego hamowania silników asynchronicznych prądu trójfazowego stosowanych przy napędach dźwigów należą:

- 1) hamowanie nadsynchroniczne;
- 2) hamowanie prądem przeciwnym;
- 3) hamowanie podsynchroniczne;
- 4) hamowanie przez przełączenie biegunów silnika;
- 5) hamowanie dwoma silnikami;
- 6) hamowanie z pomocą maszyny dodatkowej;
- 7) hamowanie z pomocą cewki dławikowej;

Z pośród tych połączeń hamowania silnikami asynchronicznymi tylko trzy pierwsze rodzaje znalazły do chwili obecnej zastosowanie na urządzeniach przeładunkowych w porcie gdyńskim.

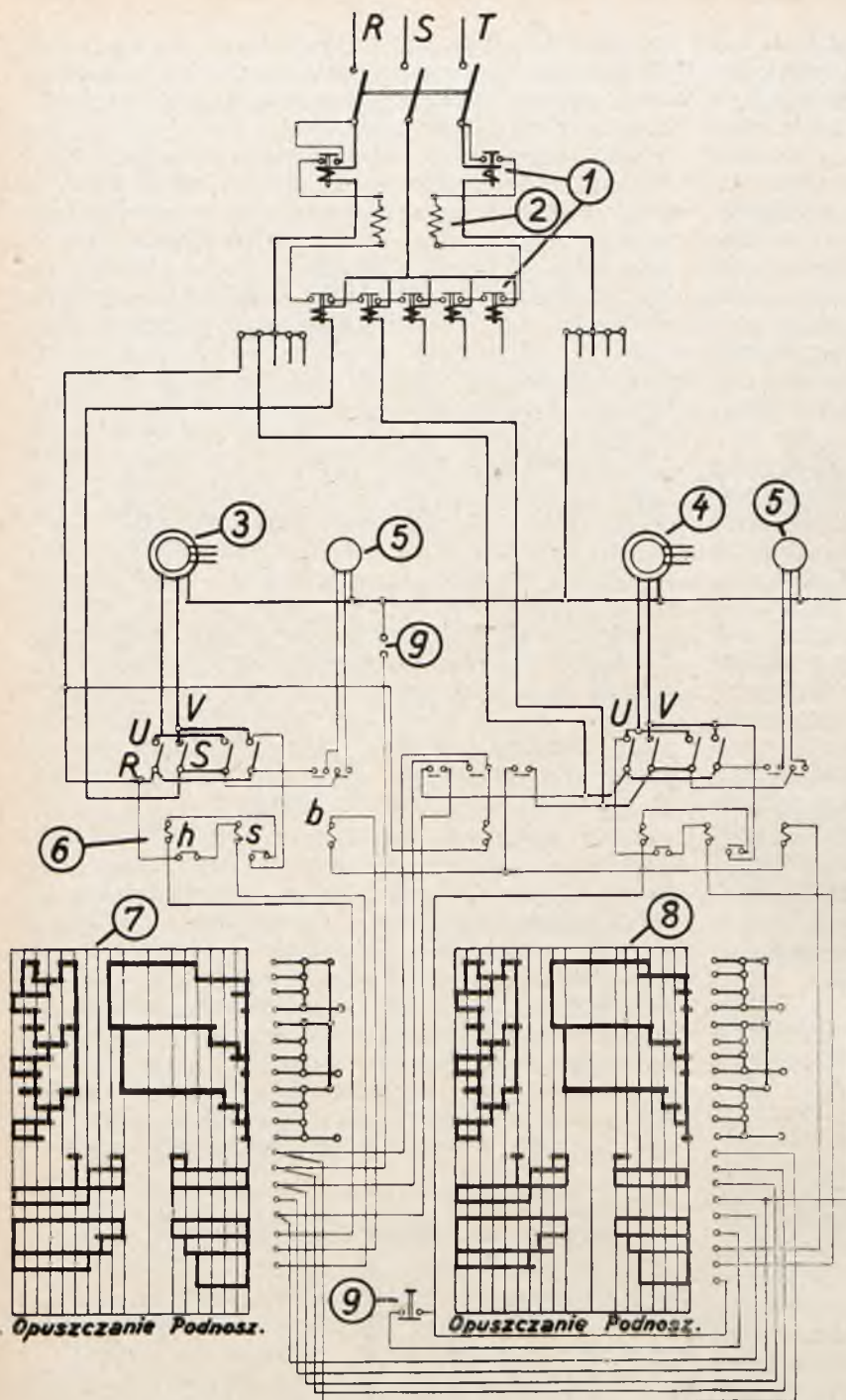
b) Interesującym jest przebieg charakterystyk obrotów silników napędowych dla różnych stopni regulacji, uskuteczniejszej przez włączanie oporów w obwód wirnika. Charakterystyki są zwykle przedstawione w czterech ćwiartkach osi współrzędnych przez t. zw. krzywe regulacji (funkcje $n = f(M_d)$), które przedstawiają obrazowo możliwości regulacji, wymaganej przez połączenia dźwigowe. Na osi rzędnych odkładane są ilości obrotów silnika, lub szybkości posuwów ciężarów liczone w procentach pełnej szybkości posuwu. Procentowy moment obrotu, liczony na wale silnika, odkładany jest na osi odciętych. Krzywe mają wartość ogólną i dla każdego pojedynczego wypadku dadzą się łatwo przeliczyć na ciężar i szybkości posuwów. Przedstawianie krzywych regulacji jako funkcji momentu obrotowego liczonego na wale silnika, jest lepsze, niż uzależnianie szybkości posuwów od wielkości przenoszonego ciężaru, gdyż nie ma potrzeby uwzględniania współczynnika sprawności mechanizmu. Każda krzywa odpowiada pewnej pozycji aparatu sterowniczego. Przy podnoszeniu, jak również przy opuszczaniu ciężarów małych, silnik napędowy winien wydać momenty obrotowe, natomiast przy opuszczaniu ciężarów dużych (przeciągających) silnik musi pobrać te momenty, czyli wytworzyć momenty hamujące.

Na wykresach przedstawione są ilości obrotów i momenty w kierunku ruchu zasadniczego (podnoszenie, posuw w przód) jako wielkości ze znakiem dodatnim, — dla kierunków odwrotnych (opuszczanie) wielkości te otrzymują znak ujemny. Ćwiartki A i C odpowiadają więc włączeniu silników w kierunku pożądanego ruchu ciężaru, w ćwiartkach D i B przedstawione są przebiegi hamowania, — negatywny moment przy dodatnim kierunku obrotu i odwrotnie. Liczba pozycji hamowania zależy w pierwszej mierze od wielkości dopuszczalnych prądów przełączania, które występują przy przejściu z jednej pozycji na drugą, a jeszcze silniej przy szybkim przeskoku



Rys 6

Wykres funkcji $n = f(M_d)$ siln. asynch. przy łącz. hamowania pr. przeciwnym i biegu nadsynchronicznego.



Rys. 7.

Schemat połączeń sterow. chwyt. z pozycjami hamowania prądem przeciwnym i połączeniami zagrody łuku świetlnego. 3, 4 — silniki, 5 — zwalniające hamulców; 6-h, s — przekaźniki silników; b — przekaźniki zwalniające hamulców; 9 — wyłącznik zwalnicza hamulca; g — wyłącznik krańcowy.

kilku naraz stopni, pożądana zaś możliwość regulacji odgrywa mniejszą rolę. Również momenty przyspieszenia i opóźnienia uwarunkowane są przez prądy włączania. Prądy te wywierają w dużej mierze wpływ nie tylko na silnik i aparaturę sterowniczą, lecz pośrednio również na stronę mechaniczną urządzeń dźwigowych.

a) Połączenia elektrycznego hamowania biegu nadsynchronicznego.

W silniku asynchronicznym po przekroczeniu synchronicznej ilości obrotów wskutek negatywnego momentu następuje silne hamowanie biegu. Obroty silnika dają się regulować w obwodzie jego wirnika, lecz tylko w za-

kresie obrotów nadsynchronicznych. Tego rodzaju hamowanie stosuje się w pierwszej mierze na dźwigach lekkich, przeznaczonych do szybkiego przenoszenia towarów, których przeciętna waga ładunku najczęściej stanowi niewielki procent nominalnej nośności dźwigu. Hamowanie to wystarcza dla wszystkich dźwigarek, od których wymagana jest szybka i mniej dokładna praca. Przy pracy tej o wysokiej liczbie okresów (gier) brak jest najczęściej czasu na wykorzystanie innych połączeń hamowania. Połączenie hamowania nadsynchronicznego ma więc za zadanie zmniejszyć żywą siłę opuszczanego ciężaru przed zapadnięciem mechanicznego hamulca, by go przez to uchronić przed zbyt dużym rozgrzewaniem się i przedwczesnym zużyciem.

Wadliwą stroną połączeń hamowania biegu nadsynchronicznego jest to, że przy wyłączaniu silnika w zakresie opuszczania muszą być przełączane pozycje odpowiadające największej liczbie obrotów. Tym samym hamulec szczękowy opada przy największej szybkości opuszczania i musi sam pokonać cały moment bezwładnych obrotów i dlatego podlega większemu zużyciu. Hamowanie nadsynchroniczne, a szczególnie z nim związana konieczna potrzeba zahamowywania dużej szybkości opuszczanych ciężarów hamulcem mechanicznym, wymaga dużej wprawy i skupienia uwagi kierowcy. Poza tym, połączenie nadsynchronicznego hamowania ma niepożądaną dla ruchu dźwigowego własność polegającą na tym, że największemu oporowi, a więc oporowi pierwszej pozycji opuszczania, odpowiada największa nadsynchroniczna szybkość. Szybkość zmniejsza się przy przełączaniu na dalsze pozycje, czyli przy wyłączaniu oporów, tak iż przy krótkozwartym wirniku osiąga się prawie bieg synchroniczny.

Przy projektowaniu urządzeń, chcąc uniknąć występujących niepożądanych nadmiernych szybkości, należy wybrać opór na opuszczanie nie większy, od oporu załączanego przy podnoszeniu t. zw. nadsynchroniczne, niesymetryczne połączenie hamowania. Można także kosztem możliwości regulacji biegu podnoszenia małych ciężarów, wybrać największy opór na podnoszenie tej wielkości, że ten sam opór załączony na opuszczanie nie wyda niedozwolonych szybkości opuszczania: t. zw. symetryczne połączenie bezpieczeństwa hamowania nadsynchronicznego. Przez zmniejszenie oporu (skrótowe połączenie opuszczania) polepsza się warunki pracy tylko w niewielkim stopniu. Lepsze wyniki otrzyma się z urządzeniami połączeń, w których przy obracaniu nastawnika na dalsze pozycje raz zwarte opory rozruchu nie są włączane przy ruchu powrotnym nastawnika.

b) Połączenia elektrycznego hamowania prądem przeciwnym.

Połączenie elektryczne hamowania prądem przeciwnym zastosowano wraz z połączeniami hamowania nad-

synchronicznego przy mechanizmach dźwigarek na kilku dźwigach cięższych typów, przeznaczonych dla przeładunków masowych. Przy hamowaniu prądem przeciwnym silnik elektryczny jest również załączony w kierunku podnoszenia na pozycjach nastawnika po stronie opuszczania, czyli przeciwnie do zamierzonego poruszania ciężarów, lecz w obwód wirnika są włączone tak duże opory, że jego moment obrotowy jest zbyt osłabiony i silnik nie jest w stanie podnieść ciężaru.

Przy odpowiednim dobraniu wielkości oporu nie nastąpi podnoszenie średnich i dużych ładunków, lecz silnik będzie przez nie przeciągany i zmuszany do obracania się w kierunku przeciwnym do biegu pola wirującego. Ciężary będą opuszczane z ilością obrotów silnika, leżącą rzeczywiście poniżej synchronicznej ilości bezwładnych obrotów. Otrzymamy bardzo silne hamowanie, dające się regulować przez włączanie oporów w obwód wirnika.

Na wykresie Nr. 6 (wg. f. Siemens) widoczny jest w ćwiartce D stromy przebieg krzywych regulacji, które przechodzą przez punkt biegu jałowego przy podnoszeniu. Obroty silnika zmieniają się bardzo znacznie przy małych zmianach momentu obrotowego. Otrzymujemy więc zbyt silną zależność szybkości opuszczania od wielkości ciężaru.

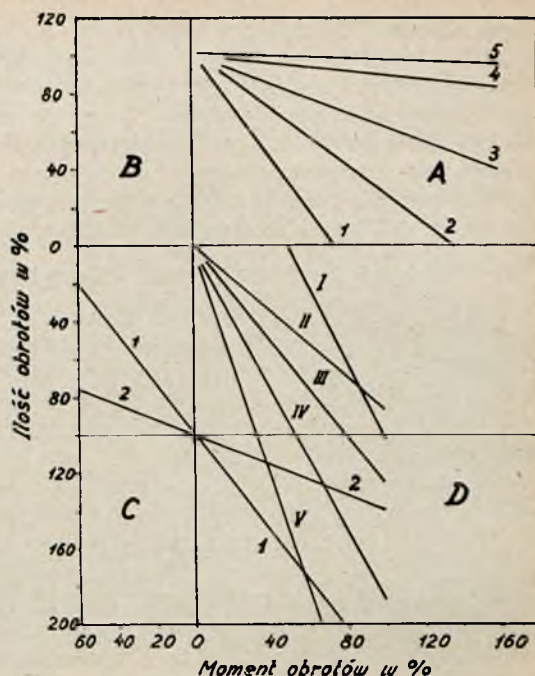
Aby uniknąć niepożądanych szybkości, konieczny jest staranny wybór miejsca regulacji. Czy jednak rzeczywiście nastąpi opuszczanie, a nie podnoszenie, zależy od wyboru krzywej regulacji i wielkości ciężaru.

W praktycznym zastosowaniu tego hamowania

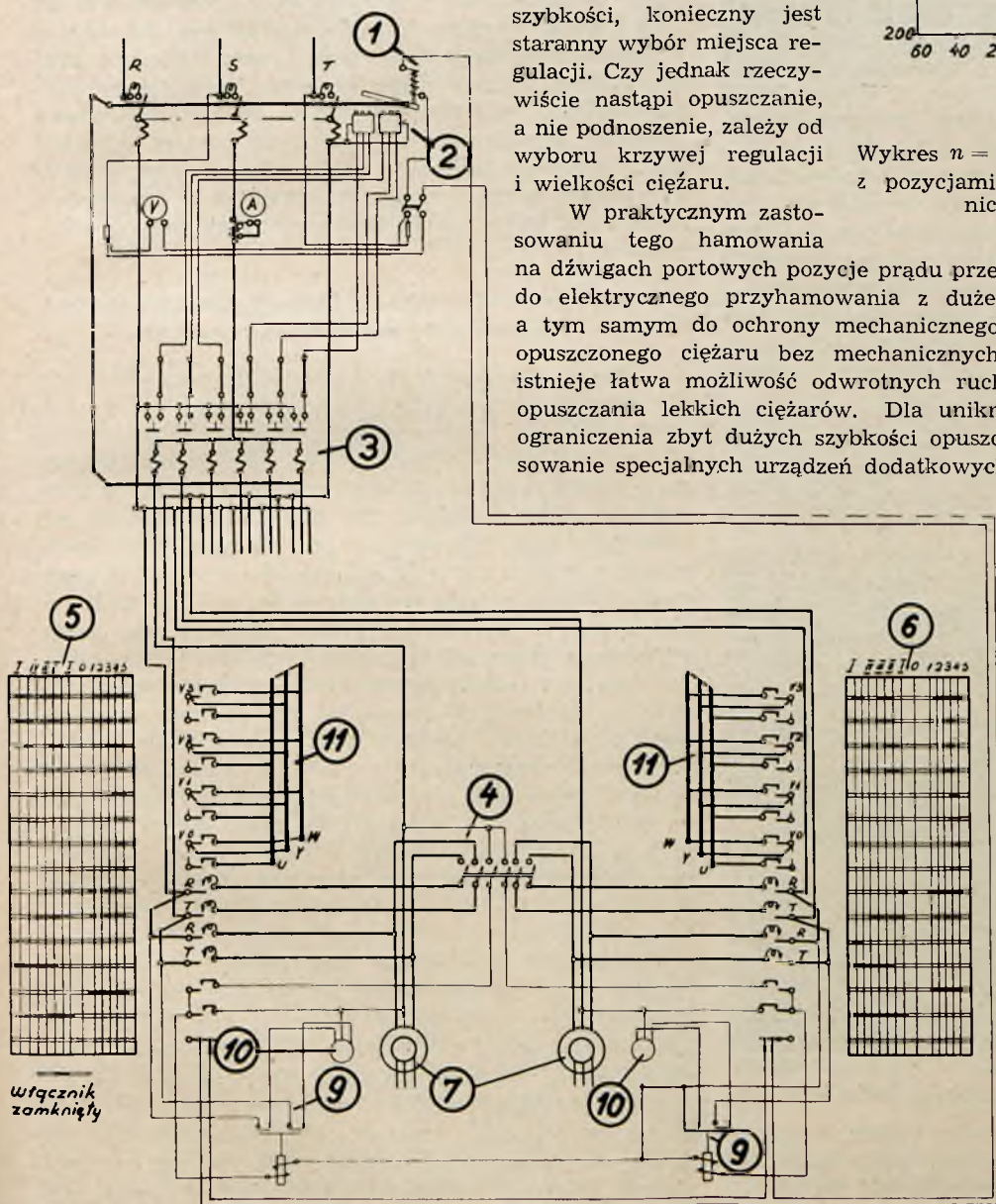
na dźwigach portowych pozycje prądu przeciwnego służą w pierwszej mierze do elektrycznego przyhamowania z dużej (nadsynchronicznej) szybkości, a tym samym do ochrony mechanicznego hamulca. Zupełne zatrzymanie opuszczonego ciężaru bez mechanicznych hamulców jest osiągalne, lecz istnieje łatwa możliwość odwrotnych ruchów, to jest podnoszenia zamiast opuszczania lekkich ciężarów. Dla uniknięcia tej wady, jak również dla ograniczenia zbyt dużych szybkości opuszczania, wymagane jest często stosowanie specjalnych urządzeń dodatkowych w postaci włączników i hamulców, podrażających jednakże znacznie urządzenia.

Połączenie z pozycjami hamowania prądem przeciwnym wymagają starannej budowy silników, których wirniki winny posiadać szczególnie dobrą izolację, ponieważ przy synchronicznej szybkości bezwładnych obrotów występuje dwukrotnie, a przy podwójnej szybkości — trzykrotnie wyższe napięcie wirnika. Również konieczną jest rzeczą dobrze wyszkolony personel, kierujący pracą tych mechanizmów.

Rysunek Nr. 7 przedstawia schemat połączeń elektrycznych dwusilnikowego sterowania chwytnika wg. f-my A. E. G. z pozycjami hamowania prądem przeciwnym. Godne uwagi jest stosowanie przez f-mę A. E. G. po stronach opuszczania i podnoszenia po jednej pozycji, na których silnik zostaje załączony, lecz hamulec nie jest jeszcze złuzowany. Mimo pewnego podro-



Rys. 8. Wykres $n = f(M_q)$ silników asynchronicznych z pozycjami hamowania biegu podsynchronicznego (krzywe II ÷ V).



Rys. 9.

Schemat połączeń elektr. dwu silnikowego sterowania chwytnika z pozycjami hamowania biegu podsynchronicznego. 1, 2, 3 — wyzwalnacze; 4 — wyłącznik krańcowy, 5, 6 — nastawniki ręczne włącznikowe, 7 — silniki; 9, 10 — przełączniki i silnik luzowania hamulca; 11 — opory rozruchu i hamowania.

Włacznik zamknięty

zenia urządzeń (dodatkowy przekaźnik dla zwalnicza hamulca) względy ciężkiego ruchu wysunęły potrzebę stosowania tych połączeń, by skutecznie usunąć niebezpieczeństwo opadania chwytaka. Również zastosowanie zagrody łuku świetlnego przy elektrycznych połączeniach z pozycjami hamowania prądem przeciwnym mechanizmów sterowania chwytaka usprawniło w wysokiej mierze pracę elektrycznych urządzeń.

c) Połączenie hamowania biegu podsynchronicznego.

Ujemne strony powyższych połączeń hamowania usuwa w dużej mierze połączenia hamowania podsynchronicznego. Połączenia te są dużą zdobyczą dla techniki dźwigowej w ostatnich latach. Prostymi środkami umożliwiają dobre sterowanie silników asynchronicznych przez proste jednofazowe włączenie ich do sieci. Jak widać ze szkicu połączeń silnika wg f. Siemens, dwie fazy stojana włączone są równolegle. Jest to jedyne znane połączenie dla silników asynchronicznych. Połączenie to swoim działaniem zbliża się do dobrych połączeń na hamowanie opuszczania dla silników szeregowych dla prądu stałego. Otrzymuje się dużą pewność ruchu, gdyż nie ma regulacyjnej pozycji, na której silnik (i opuszczany ciężar) mógłby osiągnąć niedozwoloną szybkość. Z wykresu Nr. 8 jest widoczne, że nie mogą nastąpić niepożądane ruchy ciężaru, gdyż krzywe regulacji przechodzą przez pkt. zerowy osi współrzędnych; niepotrzebne są także dodatkowe urządzenia bezpieczeństwa, jakich wymaga np. hamowanie prądem przeciwnym. Poza tym jest mniejsza wrażliwość na szybkość opuszczania w zależności od wielkości ciężaru (bardziej poziomy przebieg krzywych regulacji), co czyni łatwiejszym sterowanie dźwigów. Jednakże zupełnie zahamowanie do spoczynku jest niemożliwe bez pomocy dodatkowych urządzeń mechanicznych.

Podobnie jak przy niektórych innych połączeniach hamowania silników asynchronicznych regulacja szybkości opuszczania ciężaru następuje tu przez włączanie oporów w obwód wirnika. Szybkość opuszczania będzie tym większa, im większy opór będzie włączony, jednakże nie wzrośnie ponad dozwoloną miarę, ustaloną wielkością oporu. Jak długo w obwodzie wirnika silnika prądu trójfazowego załączony jest opór powstaje, oprócz aparatury sterowniczej wymuszonej regulacji obrotów, własna regulacja — lecz w szczuplejszej mierze, niż przy silnikach szeregowych prądu stałego. Dlatego ciężary mniejsze mogą być na tej samej pozycji podnoszone prędzej, niż ciężary większe. Silnik asynchroniczny prądu trójfazowego może w pewnym stopniu przy podnoszeniu przekroczyć swoją liczbę normalnych obrotów, podczas pełnego i nagłego odciążenia, jednakże obroty jego pozostaną zawsze poniżej synchronicznych.

Przy jednofazowym włączeniu do sieci, gdzie dwie pozostałe fazy załączone są równolegle, silnik asynchroniczny niezależnie od kierunku obrotu wirnika nie wytwarza momentów napędowych, nie może więc biegnąć sam i napędzać, lecz wytwarza moment hamowania i tylko hamuje, gdy jest pędzony przez przeciągające ciężary. To godne uwagi zachowanie się silnika asynchronicznego znajduje wytłumaczenie w teorii silników jednofazowych.

Połączenia hamowania podsynchronicznego przeznaczone są w zasadzie do przyhamowania biegu opuszczanych ciężarów. Połączenia te wystarczają, gdy nie stawia się specjalnych wymagań dokładniejszego regulowania szybkości opuszczania większych ciężarów. Przy pełnym obciążeniu może być zmniejszona szybkość opuszczania tylko do około 70% pełnej szybkości podnoszenia (przy stopniu sprawności podnoszenia ok. 80%).

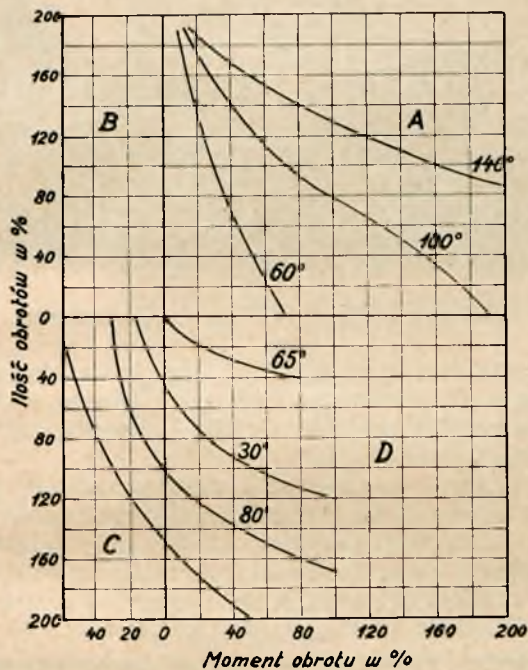
Jak jest widoczne z schematu połączeń rys. Nr. 9 i wykresu Nr. 8, na pierwszej pozycji nastawnika po stronie opuszczania załączony jest silnik napędowy w kierunku podnoszenia, czyli na hamowanie prądem przeciwnym, co umożliwia zupełne zatrzymywanie mniejszych ciężarów. Poza czterema pozycjami hamowania podsynchronicznego są przewidziane dwie ostatnie pozycje hamowania nadsynchronicznego, z równoczesnym przeznaczeniem dla opuszczania pustych haków.

Godne uwagi jest włączenie silnika luzowania hamulca mechanicznego w czasie przebiegu hamowania podsynchronicznego. Jak widać ze schematu połączeń elektrycznych, silnik ten nie jest załączony do zacisków uzwojeń silnika napędowego mechanizmów dźwigarki, jak to ma miejsce np. przy połączeniach hamowania nadsynchronicznego, lecz przez osobny przekaźnik i kontakty nastawnika ręcznego. Jest to konieczne w tym celu, aby silnik napędowy hamulca nie był wzbudzany jednofazowo podczas opuszczania hamowania podsynchronicznego, gdyż wtedy straciłby dużą część swojego momentu nośnego i nie luzował hamulca. Z drugiej strony jest niepożądane włączanie tego silnika bezpośrednio przez nastawnik, gdyż w wypadku przerwy prądu w jednej fazie (przepalenia bezpiecznika) mogłoby się zdarzyć, że silnik napędowy dźwigarki nie wydałby momentu hamowania, natomiast silnik luzowania posiadając jeszcze siłę nośną nie opuściłby hamulca mechanicznego. Pociągnęłoby to niepożądane następstwa, które usuwa skutecznie zastosowanie przekaźnika.

5. Sterowanie chwytaków silnikami komutatorowymi szeregowymi prądu trójfazowego.

Silniki komutatorowe prądu trójfazowego dają dużą pewność ruchu przy dokładnej regulacji obrotów i samoczynnym dostosowywaniu ich do wielkości podnoszonych ciężarów (charakterystyka szeregowego włączenia). Silniki te pozwalają regulować swoje obroty w szerszych granicach, podobnie jak silniki prądu stałego, bez pobierania przy tym prądu z sieci w czasie hamowania przy opuszczaniu ciężarów. Przeciwnie nawet, silnik przeciągany oddaje energię elektryczną do sieci. Pewność ruchu polega w zasadzie na tym, że silniki te przy pracy wytwarzają jednocześnie moment obrotowy pędzący w kierunku podnoszenia i drugi hamujący w kierunku opuszczania. Momenty te dodają się lub odejmują w zależności od położenia szczotek. Jest więc wymuszona charakterystyka liczby obrotów właściwa dwufazowemu połączeniu opuszczania przy silnikach asynchronicznych prądu trójfazowego. W położeniu zerowym szczotek przyjmuje uzwojenie stojana przy włączeniu tylko prąd magnesujący bez wytwarzania momentu obrotowego. Przy przesunięciu szczotek w kierunku obrotów, silnik działa hamująco, pracuje jako dynamo i może z powrotem oddawać energię elektryczną. Dla określonego momentu ciężaru liczba obrotów zależy od położenia szczotek. Do dalszych zalet napędów z silnikami komutatorowymi, szeregowymi prądu trójfazowego zaliczyć można: niestnienie pozycji wolnego spadku, a zatem pewność opanowania wszystkich szybkości opuszczania ciężarów, duży zakres przeciążania silników i krótki czas trwania rozruchu, choć moment bezwładności jest większy, niż przy równej wielkości silników asynchronicznych, poza tym dokładna regulacja obrotów uskuteczniana przesuwaniem szczotek, przy dobrym współczynniku mocy, równomiernym obciążeniu trzech faz oraz mniejszym zużyciu energii elektrycznej w stosunku do tonażu przeładowywanego towaru.

Z tych zalet dla bezpośredniej obsługi urządzenia przeładunkowego najważniejszą jest prosta, ciągła i prawie bezstopniowa regulacja liczby obrotów, tak bardzo potrzebna przy niektórych napędach mechanizmów dźwigowych. Aparat sterowniczy nie ma żadnych wyciętych pozycji załączania, za wyjątkiem pozycji zerowej; jest więc umożliwiające dowolne przesuwanie szczotek do położenia krańcowych. Otrzymuje się bardzo dużą ilość pozycji regulowania. Odpadają zatem wszystkie kosztowne w konserwacji nastawniki i urządzenia regulujące, które są zastąpione prostym włącznikiem, sprzężonym przez przekładnię zębatą z mostkiem szczotek silnikowych. Kierunek obrotu silnika jest ustalony przy stosowanych na dźwigach połączeniach przez przełożenie dźwigni przyrządu sterującego. Uruchamianie obu silników napędowych może być uskuteczniane niezależnie od siebie lub też wspólnie jedną ręką.



Rys. 10.

Wykres krzywych $n = f(M_d)$ silników komutatorowych szeregowych pr. trójfaz.

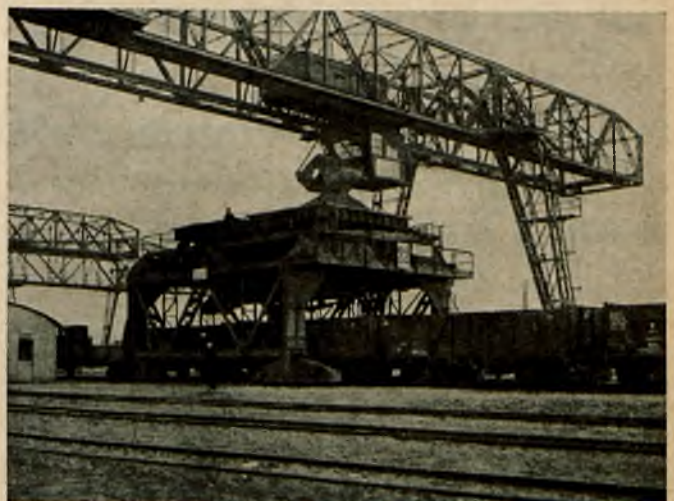
Na wykresie Nr. 10 uwidocznione są krzywe regulacji biegu tych silników dla kilku różnych kątów przesunięcia szczotek wg. danych f-my Siemens. Krzywe wynikające z innych ustawień szczotek leżą pomiędzy przedstawionymi na wykresie. Ilość pozycji ustawień, a tym samym możliwość regulacji biegu, jest bardzo duża, a dokładnością regulacji dorównyduje sterowaniom silników prądu stałego i zbliża się do najlepszych i najdroższych połączeń „Leonarda”. Przebieg krzywych na opuszczanie ma pożądane nachylenie względem poziomu, pozwala to opuszczać małe i duże ciężary z niewielką różnicą szybkości przy tym samym przesunięciu szczotek. Poza tym jest możliwe na każdej pozycji szczotek hamowanie opuszczania przeciągających ciężarów bez żadnych przełączeń, jak również opuszczanie z siłą ciężarów małych. Nie ma t. zw. pozycji niebezpieczeństwa i ciężar nie jest w stanie w żadnym wypadku sam opaść gdyż, jak zaznaczono wyżej przy pracy silnika objawiają się (działają) na zewnątrz, w zależności od ustawienia szczotek, różnica albo suma dwóch przeciwnych sobie momentów obrotowych. Własność ta stanowi dużą zaletę w stosowaniu silników tych do napędów dźwigowych.

Napędy z silnikami kolektorowymi szeregowymi prądu trójfazowego nadają się dobrze do dwubębnowych mechanizmów sterowania chwytaka bez pośrednich sprzęgieł i przekładni planetarnych. Jak już wspomniano wyżej, przy opuszczaniu otwartego chwytaka, powstaje peł-



Przeladunek rudy żórawiami z chwytakami pazurowymi.

na różnica obciążeń silników napędowych. Przy podnoszeniu otwartego chwytaka, zachowują się obydwa silniki zgodnie z regułą dla szeregowego załączenia, przy opuszczaniu natomiast, silnik podnoszenia będzie obciążony generatorowo, a silnik zamykania motorycznie. Ich wielkości obrotów rozstawia się dość znacznie przy równym nastawieniu przyrządów sterujących i przez to nastąpi zamknięcie chwytaka. Aby do tego nie dopuścić, muszą być przyrządy sterujące nastawione na różne przesunięcia szczotek tak, że przez opóźnione nieco wyłączenie silnika zamykania przy końcu czynności opuszczania, otworzy się znowu chwytak w krótkim czasie. Ponieważ przy opuszczaniu pustego i otwartego chwytaka rozchodzi się stale



Przeladunek rudy na nabrzeżu szwedzkim.

o jeden ciężar, stosuje się odpowiednio do różnych wychyleń na dźwigni sterującej przenośne ręczne uchwyty lub zapadki pozwalające przekładać dźwignię drugą z pewnym opóźnieniem, przez co chwytak nie zmieni swego stanu.

Firma Siemens stosuje często przy napędach dźwigowych dodatkowe sprzężenie elektryczne obu sil-

ników i osiąga w ten sposób elektrycznie przymuszoną równość biegu przy równym położeniu dźwigni sterowniczych pomimo dużej różnicy obciążeń. Elektryczne sprzężenie skutecznia przekaźnik, który samoczynnie się włącza, gdy obydwie dźwignie są wyłączone. Uniemożliwia to przy nieuważnym sterowaniu, zamykanie otwartego chwytaka podczas czynności opuszczania i powiększa znacznie dzielność przeładowywania. To proste urządzenie

Jednakże całość urządzeń dźwigowych elektrycznych z tymi silnikami nie wypada w ruchu drożej, niż urządzenia z silnikami asynchronicznymi prądu trójfazowego o sterowaniu powszechnie spotykanymi nastawnikami ręcznymi.

Zastosowane na portowych urządzeniach przeładunkowych w Gdyni silniki komutatorowe pracują specjalnie w trudnych warunkach: nie tylko pył węglowy i wilgoć



Przeładunek drobnicy dźwigami żorawowymi.



Załadunek drobnicy dźwigami żorawowymi.

sprawia, że kierowca dźwigu może ustawiać obydwie dźwignie jedną ręką, drugą natomiast sterować inne mechanizmy bez trudu i zwracania specjalnej uwagi na uchwyty włączników.

Silniki komutatorowe prądu trójfazowego są bardziej skomplikowanej budowy i są droższe od silników asynchronicznych tej samej mocy z powodu wysokiej ceny komutatorów i większej ilości miedzi. Przez swój komutator z dużą ilością szczotek wymagają staranniejszego dozoru i wyższych kosztów utrzymania, w dodatku podraża je jeszcze transformator t. zw. „pośredni”, lub „seryjny”.

nadmorska, lecz w dużej mierze kurz przeładowywanych w pobliżu rud przenika do kabin tych dźwigów, wymagając baczniejszej troski o należyte utrzymanie silników i urządzeń elektrycznych.

Mimo bezsprzecznych zalet, silniki komutatorowe prądu trójfazowego, poza kilkoma urządzeniami przeładunkowymi, nie znalazły szerszego zastosowania przy dalszym wyposażeniu portu. Tłumaczy się to nie tylko wyższą ceną w porównaniu z silnikami asynchronicznymi, lecz i tym, że silniki te nie są wyrabiane w kraju.

Międzynarodowa Konferencja Wielkich Sieci Elektrycznych o Wysokim Napięciu *)

IX sesja w Paryżu 1937 r.

II. Ogólne sprawozdanie z obrad.

Celem zwrócenia uwagi na różnorodność zagadnień traktowanych na tegorocznej sesji CIGRE podam krótki przegląd prac w poszczególnych grupach, uwzględniając bliżej te kwestie, które wywołały największe zainteresowanie. Sprawozdań szczegółowych podjęli się referenci specjaliści; ukazywać się one będą w dalszych zeszytach „Przeglądu Elektrotechnicznego”.

Gr. 11. — Prądnice.

Główną sprawą omawianą była tu kwestia prądnic wysokonapięciowych, które obecnie budowane są do napięć sięgających 36 kV. Zastępują one transformatory zasilające w sieciach 30 kV. Referentem był J. Rosen (Anglia), który w referacie p. t. „Wytwarzanie bezpośrednio, t. j. bez transformatora pośredniczącego, wyso-

kiego napięcia” (Ref. Nr. 109) wykazywał możliwość budowy prądnic nawet do 45 kV i więcej przez zastosowanie uzwojeń spółśrodkowych (zasada izolatora przepustowego kondensatorowego). W dyskusji wskazywano na trudności bezpośredniego łączenia prądnic z sieciami napowietrznymi i skłaniano się do ograniczenia stosowania takich prądnic tylko do sieci kablowych.

Po za tym omawiano sprawy występowania i usuwania wyższych harmonicznych w sieciach; referentami byli: K. Kuehn (Niemcy) — „Występowanie znacznych harmonicznych w krzywej napięcia wielkich sieci trójfazowych i sposoby ich ograniczenia do granic dopuszczalnych”. (Nr. 114), oraz W. Kraemer (Niemcy) — „Pochodzenie magnetyczne harmonicznych i ich usuwanie” (Nr. 116). Inne referaty dotyczyły spraw specjalnych: J. Rezelman (Belgia) — „Prądnice synchroniczne, ich charakterystyki i funkcjonowanie podczas nagłych zwarć” (Nr. 137), oraz E. Wilczek

*) Ciąg dalszy artykułu do str. 1036 „P. E.” Nr. 22 r. b.

(Węgry): „Rozwój i warunki pracy szybkozmiennych prądnic turbinowych” (Nr. 142).

Gr. 12. — Praca równoległa.

Najważniejszą sprawą w tej grupie była kwestia regulacji częstotliwości i obciążenia w sieciach współpracujących, wywołana referatami: M. Bouffart'a (Belgia) „Regulacja samoczynna częstotliwości i obciążenia w sieciach połączonych równoległe; sposoby regulacji i wyniki z praktyki” (Nr. 106), oraz P. Ailler't'a (Francja) „Regulacja mieszana częstotliwości i obciążenia” (Nr. 143). Zarówno referenci, jak i zabierający głos w dyskusji zwracali uwagę na konieczność utrzymywania w wielkich sieciach współpracujących stałości częstotliwości w granicach do 1/10 herca, co możliwe jest tylko przez równoczesną regulację obciążenia w sieciach przy pomocy samoczynnych regulatorów częstotliwości i obciążenia równocześnie. Sprawa ta, w Ameryce rozwiązana już praktycznie, zaczyna w Europie dopiero znajdować zastosowanie, głównie we Francji, gdzie się pracuje nad nią teoretycznie (Fallou, Darrieux) i praktycznie.

F. Grieb (Szwajcaria) podaje w swym referacie „Wyniki eksploatacyjne z pracy przetwornic częstotliwości o sprzężeniu elastycznym” (Nr. 105), a W. Wanger (Szwajcaria) zajmuje się sprawą stateczności w referatach „Wyniki doświadczalne ze studiów teoretycznych nad statecznością sieci trójfazowych w razie zakłócenia” (Nr. 120) i „Studia doświadczalne nad statecznością prądnic turbinowej 2300 kVA w razie zwarcia” (Nr. 118).

Gr. 13 — „Miernictwo elektryczne”.

Dwie sprawy wywołały większe zainteresowanie i dyskusję: pomiar napięć bardzo wysokich i oscylografy katodowe.

Referaty K. Drewnowskiego (Polska) „Stan obecny pomiarów napięć bardzo wysokich” (Nr. 121) i A. Palma (Niemcy) „Metody pomiaru napięć bardzo wysokich i krytyka warunków ich stosowania” (Nr. 135), ujmowały pierwszą sprawę syntetycznie i wzajemnie się uzupełniały. Referenci poruszyli prawie wszystkie metody pomiaru napięcia bardzo wysokiego z punktu widzenia możliwości ich stosowania przy napięciach zmiennych, szybkozmiennych, stałych i udarowych (w wartościach skutecznych i szczytowych). W dyskusji podniósł pierwszy z nich potrzebę metody uniwersalnej, która nadawałaby się do stosowania możliwie we wszelkich warunkach, podkreślając szczególne znaczenie idei t. zw. woltomierza kulowego (polegającego na wyzyskiwaniu sił przyciągania występujących — pod przeskokiem — w iskierniku kulowym), który daje wartości skuteczne napięcia i który w zwykły sposób (przeskok między kulami) może służyć do pomiaru wartości szczytowej napięcia zmiennego oraz do pomiaru napięć stałych i udarowych. Po za tym podniósł potrzebę ustalenia pojęcia dokładności przyrządów i metod pomiarowych i uwzględniania przy tym wszelkich możliwych uchybów (metody, przyrządów i spostrzegania), a nie tylko niektórych z nich, jak to się często spotyka w literaturze i co utrudnia porównywanie metod pomiarowych. — E. Foret'ay (Szwajcaria) w referacie „Pomiar wysokiego napięcia za pomocą wyprostowanego prądu pojemnościowego” (Nr. 102) przedstawia pewne ulepszenie metody prostownikowej (usuwanie drgań mikroamperomierza w razie, gdy zachodzi niezgodność częstotliwości prądu ładowania i prądu żarzenia kenotronów, oraz zastąpienie baterii kompensacyjnej układem prostownikowym, zasilanym prądem

układu pomiarowego*). E. Pugno-Vanoni i C. Di Pieri w referacie „Iskierniki kulowe o pierścieniach osłonowych wyrównawczych” (Nr. 127) opisują korzyści otrzymane przy stwarzaniu takich pierścieni (zastępujących po części znane „kosze osłonowe”) mianowicie zakres pomiarowy i dokładność pomiaru powiększają się.

Druga sprawa, oscylografy katodowe, była przedmiotem 4 referatów: J. L. Jakubowski (Polska) i A. W. Rankin (USA) w referacie „O możliwościach uchybów przy zastosowaniu oscylografu katodowego wysokiego napięcia w laboratoriach przemysłowych” (Nr. 136) opisuje najczęstsze uchyby popełniane przy tym i podaje prostą metodą pomysłu pierwszego z referentów, pozwalającą na usunięcie uchybów powstających wskutek pojemności własnej oscylografu. — M. Angelini (Włochy) — w referacie „Udoskonalenia oscylografu katodowego i jego zastosowanie przy rejestracji przebiegów przejściowych” (Nr. 140) podaje kilka nader ciekawych ulepszeń własnego pomysłu. — J. S. Stekolnikow (Rosja) w referacie „Oscylograf katodowy o działaniu natychmiastowym i jego zastosowanie” (Nr. 129) zajmuje się budową i działaniem oscylografu katodowego zdolnego do rejestrowania nagłych i niespodziewanych przebiegów (wyładowania piorunowe) bez uciekania się do stosowania trwałego ruchu filmu rejestracyjnego. — Referat M. K. Kasai (Japonia) „Technika stosowana przy badaniach zjawisk przypadkowych w sieciach przesyłowych ze szczególnym uwzględnieniem przepięć pochodzących od piorunów oraz prądów i napięć przejściowych w razie zakłócenia” (Nr. 323) dotyczy ulepszeń oscylografu katodowego wielokrotnego do równoczesnego zdejmowania paru przebiegów oraz oscylografu pętlicowego. Nad tymi referatami rozwinęła się dłuższa dyskusja potwierdzająca z jednej strony ważność zagadnienia oscylografów katodowych a z drugiej trudności jego rozwiązania w chwili obecnej.

Transformatory miernikowe były przedmiotem 3 referatów: St. Szpor (Polska) „Własności szczególne transformatorów prądowych kaskadowych” (Nr. 133), A. Täubler-Gretler (Szwajcaria): „Nowe potencjometry do wzorowania transformatorów miernikowych” (Nr. 111) i F. Neri (Włochy): „O kilku zastosowaniach magnetycznych układów różnicowych” (Nr. 125). Pierwszy referent przedstawił własną metodę sprawdzania transformatorów prądowych, będącą modyfikacją metody różnicowej, oraz nową ulepszoną konstrukcję transformatorów prądowych kaskadowych, stosowaną w fabryce K. Szpotańskiego. Dwa inne referaty dotyczyły nowych metod sprawdzania transformatorów miernikowych.

Referaty A. Miega (Francja): „O użyteczności ustalenia prawideł dla zespołów pomiarowych energii elektrycznej przesyłanej przez wielkie sieci” (Nr. 103), oraz R. Müllera (Włochy): „Uwagi o układach pomiarowych stosowanych w przypadku dostawy energii o wysokim napięciu” (Nr. 123) dotyczyły pewnych specjalnych systemów pomiaru energii elektrycznej i zabiegów mających na celu zmniejszenie uchybów pomiarowych.

Po za tym G. Keinath (Niemcy) w referacie „Kontrola prób wysokonapięciowych za pomocą rejestrowania strat dielektrycznych i zmian pojemności” (Nr.

*) Przez zastosowanie lamp katodowych słabo żarzonego odpada w ogóle potrzeba kompensacji prądu rezystorkowego (por. Drewnowski i Jakubowski Arch. f. Elektr., 1934).

113) podaje dalszy ciąg swych studiów nad powyższą sprawą, co może mieć duże znaczenie dla praktyki, a B. Mengele (Austria) w referacie: „Pomiary wykonywane w urządzeniach prądu silnego za pomocą przyrządów używanych w teletechnice” (Nr. 126) opisuje szczególne

układy do pomiarów przyczyn i skutków zakłóceń w sieciach prądu silnego, wykazując ich zalety.

Prof. K. Drewnowski.
(Dok. nast.)

Piorun, przepięcia i ochrona przeciwprzepięciowa na Międzynarodowej Konferencji Wielkich Sieci Elektrycznych w Paryżu w r. 1937

Stanisław Szpor

Zagadnieniom przepięciowym poświęcono wiele uwagi na Konferencji Wielkich Sieci w r. 1937. W grupie 34 (chute de la foudre et parafoudres) i w grupie 35 (surtensions) znalazło się zgorą 20 referatów o zagadnieniach fizykalnych, badaniach w sieciach i próbach laboratoryjnych, o nowoczesnych kierunkach ochrony przeciwprzepięciowej i postęпах konstrukcyjnych.

Komitet studiów przepięciowych Konferencji (Comité d'études des surtensions) zwrócił szczególną uwagę na sprawę koordynacji izolacji, na potrzebę przepisów o badaniu ochronników i na słownictwo, powierzając opracowanie odpowiednich referatów prof. Matthias'owi, dr. Berger'owi i p. Lacey'owi. P. Lacey zebrał dotąd wyrażenia w języku angielskim i zaopatrzył je w objaśnienia.

Sprawami pokrewnymi zajmowano się również w innych grupach: techniką pomiarów udarowych, a szczególnie oscylografem katodowym w grupie pomiarowej, wytrzymałością udarową transformatorów w grupie transformatorowej, zvarciami wywoływanyymi przez przepięcia w grupie zwarć z ziemią i w grupie zabezpieczeń selektywnych.

1. Droga pioruna i miejsce uderzenia.

Wg. referatu p. Dauzère'a piorun wybiera sobie drogę o najsilniejszej jonizacji powietrza. W miejscach, gdzie zdarzają się częste pioruny, stwierdza się większą przewodność elektryczną powietrza, szczególnie od jonów ujemnych.

Wpływ czynników geologicznych uzasadnia p. Dauzère różną zawartością ciał radioaktywnych, które jonizują powietrze. Podobnie wyjaśnia się znaczenie źródeł i żył wodnych, które sprzyjają uderzeniom.

Natomiast referat p. Stekolnikov'a i p. Beliakov'a uzasadnia zależność drogi pioruna od pola elektrodynamicznego, które zmienia się w czasie ruchu czoła iskry od chmury do ziemi. W udarowym polu elektrodynamicznym warstwy ziemi o większej oporności właściwej (np. piasek) zachowują się do pewnego stopnia jak środowisko izolacyjne. Właściwą powierzchnię „uziemia” tworzą warstwy o mniejszej oporności właściwej (np. glina), miejsca wilgotne, źródła i t. p. Zdarza się więc, że piorun omija wyniosłość powierzchniowej warstwy o wielkiej oporności i uderza w niski punkt, pod którym występuje szczyt głębszej warstwy o mniejszej oporności. Ściąganie piorunów przez miejsca mokre znajduje w ten sposób łatwe wytłumaczenie.

W powietrzu występuje zdaniem Stekolnikov'a i Beliakov'a wpływ jonów i cząstek przewodzących, które odkształcają pole elektrodynamiczne i powodują zygzakowy przebieg drogi pioruna.

Referat zawiera opis prób laboratoryjnych, potwierdzających znaczenie pola elektrodynamicznego. Szereg badań wykonano na modelach 2-wymiarowych w postaci

arkuszy papieru z grafitowanymi polami i punktami, odtwarzając w ten sposób przekroje warstw o różnych opornościach właściwych i cząstki przewodzące w powietrzu. Drugą grupę badań przeprowadzono na modelach 3-wymiarowych, obserwując wyładowanie udarowe do skrzyni metalowej, przykrytej warstwami ziemi o różnej przewodności i o różnych wyniosłościach; cząstki przewodzące w powietrzu odtwarzano zapomocą kulek przewodzących, zawieszonych na nitkach.

W dyskusji prof. Matthias wspomniał o podobnych badaniach, przeprowadzonych na modelach w Niemczech. Poruszono też (p. Allibone, p. Bellaschi) sprawę bocznych dróg pioruna, widocznych na niektórych zdjęciach fotograficznych; obok głównej drogi pioruna występują np. 2 krótkie odcinki boczne, od ziemi tylko do pewnej wysokości, na której urywają się. Prawdopodobne jest w takim przypadku rozwijanie się jednej drogi iskowej od chmury, a jednocześnie 3 dróg od ziemi; po połączeniu górnej drogi z jedną dolną dwie pozostałe urywają się.

P. Akopian zajmuje się działaniem osłonnym prętów odgromowych. Uderzenie pioruna w pręt odgromowy lub w przedmiot chroniony zależy od samych warunków geometrycznych tylko wówczas, gdy nie wchodzi w grę znaczne oporności uziemień wg. teorii pola elektrodynamicznego. Takie uproszczone warunki występują przy osłanianiu budynków, które mają dobrze uzimającą sieć rur. Referat przedstawia wyniki prób laboratoryjnych na modelach, wykonanych wg. tych założeń. Na podstawie licznych badań p. Akopian podaje charakterystyki zasięgu ochronnego pojedynczych prętów i symetrycznych układów wielokrotnych: 4 prętów w kwadrat, lub 3 prętów w trójkąt równoboczny. W przybliżeniu promień zasięgu ochronnego pojedynczego pręta wynosi:

$$r_1 = h_a, \dots \dots \dots (1)$$

a dla układu wielokrotnego:

$$r_n = (2,5 \div 3) h_a, \dots \dots \dots (2)$$

gdzie h_a wysokość prętów nad przedmiotami chronionymi. W przypadku układu wielokrotnego dostosowuje się średnicę kwadratu d lub bok trójkąta równobocznego a do osiągalnego promienia r_n :

$$d \approx 2 r_1, \dots \dots \dots (3)$$

$$a \approx \sqrt{3} \cdot r_1, \dots \dots \dots (4)$$

Przy węższym rozstawieniu prętów nie wyzyskuje się możliwego zasięgu ochronnego, natomiast przy szerszym rozstawieniu zachodzi niebezpieczeństwo uderzenia w przedmioty chronione w środku między prętami.

2. Prądy przy bezpośrednich uderzeniach pioruna, przepięcia indukowane.

Referat amerykański p. Lewis'a i niemiecki dr. Grünewald'a przynoszą wyniki pomiarów prądu uda-

rowego od pioruna, wykonywanych w ostatnich latach na szeroka skalę za pomocą rejestratorów magnetycznych. Mierzy się prądy w słupach, przewodach odgromowych, a nawet w przeciwwagach, t. j. w zakopanych przewodnikach, poprawiających uziemienia słupów. Odpowiednie sumowanie wartości, zmierzonych w różnych punktach, daje przybliżoną wartość prądu samego pioruna.

Pomiary amerykańskie dają trochę wyższe wartości, niż niemieckie, ale rząd wielkości jest zgodny. Największy prąd w słupie wg. Lewis'a wynosi 132 kA, wg. Grünwald'a około 100 kA. Wg. Lewis'a tylko w 5% przypadków prąd w słupie przekracza 50 kA, a Grünwald podaje analogiczną granicę 40 kA. Lewis zmierzył największy prąd pioruna 220 kA, ale tylko w 6% przypadków otrzymywał wartości powyżej 100 kA, Grünwald zaś podaje, że tylko rzadko prąd pioruna przekracza 70 kA.

Referat prof. Norinder'a przynosi sprawozdanie z pomiarów przepięć atmosferycznych, indukowanych w linii doświadczalnej, której jeden koniec był uziemiony, a drugi dołączony do oscylografu katodowego. Mierzono amplitudy przepięć do 170 kV.

W dyskusji dr. Berger wspomniał, że przy pomiarach w sieciach szwajcarskich otrzymywano amplitudy przepięć indukowanych do 300 kV.

Referat p. Stekolnikov'a i p. Valeev'a opisuje pomiary prądów pioruna i przepięć indukowanych, wykonane w specjalnym laboratorium. Ściągano pioruny za pomocą przewodów przymocowanych do aerostatów i mierzono prądy oscylografem katodowym. Uzyskano 5 oscylogramów od 17 do 31 kA. Badano również za pomocą klydonografu przepięcia indukowane w antenach, stwierdzając często wyładowania wielokrotne; najdłuższy czas serii wyładowań 1,13 sek.

P. Bellaschi opisuje w swym referacie postępy techniki laboratoryjnej w kierunku odtwarzania potężnych zjawisk przy piorunach. Prądy udarowe rzędu 100 kA otrzymywano w laboratoriach już dawniej, ale przy stosunkowo małych napięciach. Natomiast z generatorów udarowych na najwyższe napięcia nie wyciąga się bardzo wielkich prądów z powodu za małej pojemności. Nowe udoskonalenie polega na współpracy 2 generatorów udarowych: jednego o małej pojemności na wielkie napięcia, drugiego o wielkiej pojemności i na duże prądy. Pierwszy generator wywołuje iskrę nawet na znacznej drodze, drugi daje w iskrze znaczny prąd. Współpracę taką umożliwił specjalny „łącznik mikrosekundowy”, np. w postaci drutu topikowego; fala wysokonapięciowa powoduje jednocześnie z przeskokiem na elemencie badanym spalanie drutu topikowego i załączenie przez tak powstałą iskrę generatora wielkopięciowego.

3. Skutki pioruna w miejscu uderzenia i zjawiska przepięciowe w liniach.

W liniach na najwyższe napięcia, ze słupami żelaznymi i z przewodami odgromowymi, duże znaczenie przypisuje się oporności uziemień słupów. Znaczna oporność powoduje przy prądzie udarowym od pioruna duży spadek napięcia, którego znaczna część występuje na izolato-

rach, t. j. między wierzchołkiem słupa a przewodami roboczymi, sprzężonymi pojemnościowo z ziemią. Często stosuje się wzór na największą dopuszczalną oporność uziemienia:

$$R = \frac{U}{J(1-C)} \dots \dots \dots (5)$$

gdzie U — dopuszczalne napięcie udarowe na izolatorach,
 J — amplituda prądu udarowego w słupie,
 C — współczynnik sprzężenia przewodów roboczych.

Wg. referatu p. Ryle'a uwzględnianie samej oporności uziemienia nie jest ściśle; w grę wchodzi również indukcyjność i pojemność słupa. P. Ryle rozpatruje słup jak odcinek linii o równomiernie rozłożonej indukcyjności i pojemności. Po uderzeniu pioruna w słup biegnie najpierw fala od wierzchołka słupa ku dołowi i ulega odbiciu na uziemieniu. Fala odbita o znaku przeciwnym wraca do wierzchołka i przynosi tam dopiero korzystny wpływ niskiej oporności uziemienia. Na wierzchołku słupa występuje więc większe przepięcie, niż wynikałoby z samej oporności omowej uziemienia, szczególnie przy stromym czole fali prądowej.

Dr. Grünwald we wzmiankowanej już statystyce z sieci niemieckich stwierdza, że najczęściej przeskoki na izolatorach można uzasadnić wielkością zmierzonego prądu i opornością uziemienia słupa. Zdarzają się jednak przypadki przeskoków na izolatorach, szczególnie w sieciach poniżej 60 kV, kiedy iloczyn prądu i oporności uziemienia jest mniejszy od wytrzymałości udarowej izolatorów. Referent generalny grupy 34 dr. Berger zwrócił uwagę na możliwy związek tych przypadków z rozważaniami Ryle'a o przebiegach falowych w słupach.

W omówionym już częściowo referacie p. Lewis'a znajdziemy ciekawe dane w sprawie rozplywu prądów udarowych w przeciwwagach. Pomiary wykonano za pomocą rejestratorów magnetycznych. W przeciwwagach promieniowych, t. j. w przewodach rozchodzących się od podstawy słupa w różnych kierunkach, prądy rozkładają się na poszczególne przewody proporcjonalnie do ich długości; odcinki dłuższe odprowadzają więc do ziemi większe prądy. Pomiary wzdłuż pojedynczego przewodu wykazują liniowe zmniejszanie się prądu w miarę oddalania się od słupa, czyli równomierne przechodzenie prądu z przeciwwagi do ziemi.

Referat p. Hawley'a i p. Lacey'a oraz referat p. Fertik'a i p. Potoujny'ego przedstawiają wyniki badań przecięciowych w sieciach. Wytwarzano przepięcia za pomocą generatorów udarowych, pomiary wykonywano oscylografami katodowymi. W obu referatach stwierdzono znaczny wpływ ulotu na tłumienie fal. P. Fertik i p. Potoujny badali również przebiegi fal przychodzących do rozdzielni i stwierdzili, że rozdzielnie przedstawiały w tych przebiegach pojemność wypadkową 1100 do 6700 cm. Po określeniu tej wielkości wykonano szereg prób na modelu rozdzielni o odpowiedniej pojemności, nie narażając transformatorów i aparatów rozdzielni rzeczywiście na uszkodzenie.

(Dokończenie nastąpi).

STOWARZYSZENIE ELEKTRYKÓW POLSKICH

REJESTRACJA STATUTU S. E. P.

W dniu 6-go listopada b. r. złożone zostały w Komisariacie Rządu na m. stoł. Warszawę cztery egzemplarze Statutu Stowarzyszenia Elektryków Polskich, uzupełnionego tekstem uchwał powziętych na IX-ym Walnym Zgromadzeniu SEP w dniu 25 maja 1937 roku, w celu zarejestrowania zmian i uzupełnień do §§ 7 i 10-go.

ODDZIAŁ POZNAŃSKI.

W dniu 15.11. 1937 r. odbyło się miesięczne Zebranie Oddziału Poznańskiego SEP-u, na którym kol. inż. M. Jarkowski imieniem Komisji Elektryfikacyjnej tut. Oddziału wygłosił referat p. t. „Wytyczne dla elektryfikacji Okręgu Poznańskiego”.

Jako tezy wytyczne referent ustalił:

- 1) ośrodkiem zasilającym tut. okręg może być li tylko elektrownia poznańska,
- 2) z elektrowni poznańskiej wyjdzie 5 linii przesyłowych o napięciu 30 kV,
- 3) każdy powiat otrzyma własną stację transformatorową z 30 15 kV,
- 4) budową sieci zajmą się samorzady i to:
 - a) siecią przesyłową 30 kV zajmie się Starostwo Krajowe,
 - b) sieci powiatowe 15 kV oraz niskiego napięcia wybudują Wydziały Powiatowe,
- 5) okres budowy sieci 30 i 15 kV przewidziano na okres 4 lat, a z sieciami niskiego napięcia 9 lat. Okres elektryfikacji zupełnej — na 17 lat,
- 6) koszt budowy sieci 30 kV wyniesie ca 4,8 miln. zł., sieci 15 kV — ca 16,2 miln. zł. i sieci niskiego napięcia — ca 16,0 miln. zł.,
- 7) rentowność całego przedsięwzięcia obliczono na okres 20 lat.

Zebranie zaszczycił swą obecnością p. naczelnik A. Trzciniński z tut. Urzędu Wojewódzkiego oraz kilku kierowników elektrowni z prowincji.

W dyskusji uznano projekt na zupełnie realny i zaproponowano szerszą dyskusję na ten temat na najbliższym miesięcznym zebraniu.

Dowodem dużego zainteresowania się tą sprawą jest zaproszenie kol. M. Jarkowskiego przez Izbę Przemysłowo-Handlową do wygłoszenia swego referatu na Radzie Gospodarczej oraz przez Związek Fabrykantów do wygłoszenia referatu o elektryfikacji na posiedzeniu tegoż Związku.

PROGRAM ODCZYTÓW

Sekcji Elektryfikacyjnej, Przemysłowej
i Oddziału Warszawskiego S.E.P.
NA GRUDZIEŃ

Wtorek, 7 grudnia, godz. 20-ta.

Inż. Leon Piasecki i inż. Jerzy Dzikowski — „Wyposażenie podstacji trakcyjnych Węzła Kolejowego Warszawskiego”.

Treść: Układ połączeń. Wyposażenia dopływów linii 35 kV, zespołów prostowników, odpływów prądu stałego 3300 woltów oraz urządzeń pomocniczych. Układ aparatury w budynku oraz na rozdzielni napowietrznej. Działanie samoczynne urządzeń.

Piątek, 10 grudnia, godz. 20-ta.

Prof. Gabriel Sokolnicki — „Naturalne drogi rozwojowe elektryfikacji” — odczyt dyskusyjny zorganizowany przez Sekcję Elektryfikacyjną S. E. P. z okazji zebrania plenarnego Sekcji, które rozpocznie się o godz. 18.45 z nast. porządkiem dziennym: 1. Przyjęcie regulaminu Sekcji. 2. Wybór Zarządu Sekcji. 3. Program prac na rok 1938. 4. Sprawy bieżące i wolne wnioski. 5. Odczyt. 6. Dyskusja.

Wtorek, 14 grudnia, godz. 20-ta.

Inż. Jerzy Julian Dzikowski i inż. Leon Piasecki — „Zasilanie zelektryfikowanego Węzła Kolejowego Warszawskiego”.

Treść: Schemat sieci 35 kV. Rozdzielnie 35 kV. Możliwe układy połączeń. Schemat sieci trakcyjnej 330 woltów. Budki sekcyjne. Równoległa praca podstacji. Zasilanie dla celów nietrakcyjnych. Pomiar energii. Obciążenie podstacji. Dane z eksploatacji (rozkład obciążeń, sprawność urządzeń i jednostkowy rozchód energii).

Wtorek, 21 grudnia, godz. 20-ta.

Inż. Tadeusz Brzozowski — „Zastosowanie sztucznych mas plastycznych do izolacji przewodów elektrycznych”.

Treść: Zalety i wady dotychczas stosowanych powłok izolacyjnych. Zarys technologii mas plastycznych. Masy plastyczne stosowane jako powłoki izolacyjne. Badanie własności mas plastycznych.

Inż. Stanisław Bładowski — koreferat.

Powyższy odczyt wchodzi w skład tegorocznego programu odczytowego Sekcji Przemysłowej S. E. P. i przez nią został zorganizowany.

Program odczytów Sekcji Radiotechnicznej.

Środa, 15 grudnia, godz. 19-ta.

P. Zygmunt Jelonek — „Zniekształcenia w generatorach dudnieniowych (zachowanie się oscylatora synchronizowanego poza zakresm synchronizmu)”.

Treść: Prelegent omówi pokrótce różne źródła zniekształceń w generatorze dudnieniowym, a więc 1^o wzmacniacz małej częstotliwości, 2^o detektor, 3^o harmoniczne oscylatorów i 4^o synchronizowanie się oscylatorów. To ostatnie jest właściwym tematem referatu. W związku z tym przedstawione będzie badanie zachowania się oscylatora własnowzbudnego synchronizowanego poza zakresem synchronizmu. Otrzymane przybliżone równanie różniczkowe rozwiązane metodą kolejnych przybliżeń daje wzór na odchylenie częstotliwości od wartości nominalnej. Analogiczne równanie różniczkowe dla dwóch synchronizujących się wzajemnie oscylatorów generatora dudnieniowego okazało się identyczne z poprzednim. Korzystając z jego rozwiązania obliczono zawartość drugiej i trzeciej harmonicznej napięcia zdetektorowanego. Przedstawione będą pomiary zniekształceń wykonane w jednym z generatorów dudnieniowych, które okazały się zadawalająco zgodnymi z teoretycznymi wzorami.

Wszystkie powyższe odczyty odbędą się w lokalu SEP, ul. Królewska 15, II piętro. Wstęp wolny dla członków S. E. P., S. T. P., Z. P. I. E. i wprowadzonych gości.

ODZNACZENI W DNIU 11 LISTOPADA.

W dniu Święta Niepodległości odznaczone zostały następujące osoby ze świata elektrotechnicznego:

Krzyżem Komandorskim Odrodzenia Polski:
Prof. inż. Konstanty Żórawski.

Krzyżem Kawalerskim Odrodzenia Polski:

Inż. Aleksander Grabowski, inż. Stanisław Kozłowski, inż. Marian Porębski, inż. Kazimierz Szpotański.

Złotym Krzyżem Zasługi:

Inż. Ignacy Bereszko, inż. Waclaw Demel, inż. Hilary Dziewulski, inż. Waclaw Günther, inż. Gustaw Hensel, inż. Fabian Jaroński, p. Stanisław Jaroszyński, inż. Zenon Komosiński, inż. Gustaw Piętka, inż. Witold Piński, p. Kazimierz Pustoła, inż. Witold Rosental, kmdr. inż. Aleksander Sadowski, inż. Stanisław Śliwiński, inż. Ludwik Tołoczko, inż. Edward Zieliński, inż. Michał Zucker.

Srebrnym Krzyżem Zasługi:

Inż. Stanisław Gołębiowski, inż. Stanisław Mossakowski, inż. Henryk Toczyłowski, p. Mikołaj Dziedzicki, inż. Feliks Nowicki, inż. Zygmunt Szparkowski.

ODDZIAŁ ŁÓDZKI.

Przyjęty na członka zwyczajnego:

Andrzejewski Ryszard, inż., Pabianice, Zamkowa 34 m. 8.

ODDZIAŁ POZNAŃSKI.

Przyjęty na członka zwyczajnego:

Szwedek Steran, tchlg., Poznań, Górna Wilda 80.

ODDZIAŁ WARSZAWSKI.

Zgłoszeni na członków zwyczajnych*):

Brzeziński Zygmunt Leopold, tchlg., W-wa, Kwiatowa 24-a m. 12,

Chełmicki Konstanty Romuald, inż., W-wa, Trębacka 13 m. 14,

Norrman Swen, inż., W-wa, Królewska 23.

Przyjęci na członków zwyczajnych:

Kretowicz Stanisław, inż., W-wa, Akademicka 5 m. 204, Nagawiecki Bronisław, inż., W-wa, Elektoralna 11 m. 28, Sarnowski Zenon, inż., Winnica 15, p-ta Henryków k. W-wy,

Zólciaak Kazimierz, inż., W-wa Mączna 4 m. 16.

*) Uwaga: Zgodnie z par. 10 Statutu S.E.P. każdy członek Stowarzyszenia ma prawo złożenia właściwemu Zarządowi oddziału w ciągu 4 tygodni od daty niniejszego ogłoszenia umotywowanego protestu przeciwko przyjęciu powyższych kandydatów.

ORZECZNICTWO ELEKTRYCZNE

Stosunek ustawy elektrycznej do innych ustaw *)

II.

Stosunek do prawa budowlanego.

W myśl art. 332 (333 i 334) oraz 357 prawa budowlanego z dnia 16 lutego 1928 r. (Dz. U. poz. 202) w brzmieniu ustawy z dnia 14 lipca 1936 r. (Dz. U. poz. 405) wymagane jest — poza wypadkami przewidzianymi w art. 335 — pozwolenie właściwej władzy budowlanej: 1) na budowę budynków (art. 333 lit. a i 334 lit. a), 2) na przebudowę budynków (art. 333 lit. b), 3) na zmianę przeznaczenia budynków (art. 333 lit. c), 4) na ustawianie silników mechanicznych i wykonanie urządzeń pomocniczych, związanych z budynkami (art. 333 lit. d i 334 lit. c), 5) na urządzenie ogrodzeń (art. 333 lit. e i 334 lit. d), 6) na rozbiórkę budynków (art. 334 lit. b), 7) na użytkowanie budynków i urządzeń (art. 357).

Wspomniane wyżej przepisy prawa budowlanego nie wyłączają budynków, przeznaczonych do użytku zakładów elektrycznych, a więc pozwolenie władzy budowlanej (koncesja budowlana) potrzebne jest również dla wszelkiego rodzaju budynków użytkowanych przez zakłady elektryczne oraz dla ustawienia wszelkiego rodzaju silników mechanicznych.

Pozwolenie władzy budowlanej uzyskuje się zasadniczo na podstawie projektu technicznego (planu), zatwierdzonego przez władzę budowlaną (art. 333 prawa budowlanego). Zasady sporządzania planów budowlanych zawiera rozporządzenie Ministra Robót Publicznych z dnia 2 lipca 1929 r. (Dz. U. poz. 456).

Z treści art. 334 lit. c) prawa budowlanego wynika, że potrzeba pozwolenia władzy budowlanej między innymi również na przewody elektryczne, przy czym dla uzyskania takiego pozwolenia na „stałe” przewody elektryczne wysokiego napięcia nie potrzeba składać planów.

Z tego wynika a contrario, że na przewody elektryczne niskiego napięcia trzeba złożyć plany, aby uzyskać ich zatwierdzenie przez władzę budowlaną i jej pozwolenie na skutecznienie przewodów. Z porównania art. 334 lit. c) z art. 333 lit. d) prawa budowlanego wynika, że art. 334 lit. c) ma na myśli tylko takie przewody elektryczne, które są związane z budynkiem podobnie, jak przewody centralnego ogrzewania, wodociągowe itp. Nie chodzi natomiast i chodzić nie może o linie przesyłowe i sieć rozdzielczą zakładów elektrycznych, bo takie linie i sieć są związane z zakładem elektrycznym jako takim i w żadnym razie nie podpadają pod pojęcie urządzeń pomocniczych, związanych z budynkami w rozumieniu art. 333 lit. d) prawa budowlanego.

Władzą budowlaną, właściwą dla zatwierdzania planów budowlanych i udzielania pozwoleń na budowę, przebudowę, zmianę przeznaczenia i użytkowanie budynków przeznaczonych na zakłady elektryczne, jest urząd wojewódzki (art. 392 ust. 3 prawa budowlanego), tj. ta sama władza, która jest również właściwą jako władza elektryczna dla zatwierdzania planów zakładu elektrycznego (art. 8 ustawy elektrycznej) oraz dla udzielenia pozwolenia policyjno-technicznego na budowę i uruchomienie zakładu elektrycznego (art. 16 ustawy elektrycznej). Wobec tego nie ma przeszkód, aby wydanie pozwolenia budowlanego i wydanie pozwolenia policyjno-technicznego były skutecznione równocześnie, tj. objęte jednym postępowaniem administracyjnym i jedną decyzją, zwłaszcza że zarówno od tej części decyzji, która opiera się na prawie budowlanym, jakoteż od tej części decyzji, która opiera się na ustawie elektrycznej, odwołanie rozstrzyga Ministerstwo Przemysłu i Handlu (art. 397 prawa budowlanego, art. 82 post. adm.). Oczywiście petent musiałby w tym celu wnieść do Urzędu Wojewódzkiego podanie, odpowiadające wymogom prawa budowlanego i ustawy elektrycznej.

(C. d. n.)

Dr. Zygmunt Rolnicki.

*) Ciąg dalszy do str. 1051 „P. E.” Nr. 22 r. b.

LISTY DO REDAKCJI

W Nr. 22 „Przeglądu Elektrotechnicznego” ukazała się recenzja o książce mojej p. t. „Nomografia”. Recenzja ta zawiera szereg nieścisłości i nieuzasadnionych twierdzeń, wskutek czego zmuszony jestem stanąć w obronie nie tylko napisanej przeze mnie książki, lecz, co ważniejsze, w obronie samej doktryny nomografii, która, w innych krajach tak bardzo rozpowszechniona, w Polsce jeszcze obrony potrzebuje, bo dopiero pierwsze stawia tu kroki. Składa się bowiem tak niefortunnie, że referent zapragnął w półszpaltowym artykule dać nie tylko recenzję z książki, ale także i syntezę samej teorii nomografii, wskutek czego, jak sam zresztą przyznaje, określenie jego „...nie jest ani ścisłe, ani nawet dostateczne...”.

A więc mylny jest podany przez referenta „przykład najprostszego nomogramu”. Nie jestem w stanie wchodzić tu w szczegóły, mogę wszakże zapewnić czytelników, że podany przykład nie jest w ogóle nomogramem i wywołać może tylko zupełnie błędne pojęcie o istocie nomografii.

Zaraz w pierwszych wierszach artykułu znajdujemy jakiś dziwny podział zainteresowanych w tej gałęzi wiedzy na dwa wrogie sobie obozy: na zwycięski klan „inżynierów, techników itp...” (trudno rzeczywiście sobie przedstawić kogo autor ma na myśli w tym słówku „itp.”?) oraz na klan matematyków, z rąk których „wyrwana” została ta nieszczęśliwa nauka i to nawet „zanim jeszcze zdążyła skryształizować się i stać się dojrzałą doktryną”.

Dąsy matematyków (do których oczywiście należy autor recenzji) nie mają żadnych podstaw. Sprawa jest prosta. Inżynier francuski (a nie „matematyk”, jak pisze p. referent) M. d'Ocagne *) wynalazł pewne metody, znakomicie ułatwiające rachunki liczbowe, w szczególności zaś rachunki, często spotykane w technice; rozmaici inżynierowie i nie inżynierowie (a wśród pierwszych w wielu publikacjach zagranicą i w kraju także i niżej podpisany) starali się metody d'Ocagne'a uzupełniać i rozwijać. Natomiast matematyka czysta pozostawiała dotychczas — o ile mi wiadomo — metody nomograficzne na uboczu: bądź dlatego, że są one dla niej nie przydatne, bądź też, że nie znalazł się nikt, ktoby chciał te sprawy z punktu widzenia matematycznego głębiej ująć. Choć nikt matematykom nie broni wyzyskania nomogra-

*) Maurice d'Ocagne, Ingenieur en chef des Ponts et Chaussées.

fii dla własnych celów, to jednak taki stan rzeczy nie zadowala p. recenzenta i ma on pretensję do autora książki, technika, piszącego dla techników, że nie przedstawił w swej książce „zastosowania nomografii do obliczania wielomianów i niektórych funkcji w zakresie płaszczyzny liczb zespolonych...”, t. j. zagadnienia przeważnie teoretycznego, interesującego prawie wyłącznie matematyków i bardzo odległego od dzisiejszych potrzeb praktyków-inżynierów, dla których „Nomografia” została napisana. (Nie mówię tu już o szkodliwości zbyt znacznego rozszerzania objętości książki, która zawiera obecnie 336 stronice).

Dalszy zarzut p. recenzenta dotyczący braku „przykładów, jak należy dane zagadnienie technicznie czy matematycznie jeszcze nie skwalifikowane nomograficznie przekształcić aż do uzyskania właściwej postaci...” jest zupełnie niezrozumiały. Autor bowiem stwierdza w mej książce brak analizy zagadnień, które wszak w ogóle nie są *bynajmniej* przedmiotem nomografii; podobnie np. nie powinien fizyka razić rozważania własności przestrzeni wielowymiarowej w podręczniku kinematyki. Zła cenzurka, którą z tego powodu otrzymałem („...nie można o książce powiedzieć, że jest wyczerpującym i głębokim dziełem o nomografii”) nie może mieć wobec tego istotnego znaczenia.

Z tego samego źródła wywodzi się inny zarzut, wskazujący na to, że stosunkowo mało miejsca poświęcono w książce skalom ruchomym. Gdyby p. referent zadał sobie trud przewertowania odnośnej literatury francuskiej i niemieckiej, zauważyłby bez trudu, że rozdział mojej książki, o którym tu mowa, stanowi *pierwszą i oryginalną próbę* syntetycznego ujęcia tego zagadnienia. Rezultaty, jakie osiągnąłem posługując się moją metodą, sprawiają, że nie potrzebuję się obawiać wyniku jej oceny przez fachowców.

Wdzięczny jestem autorowi artykułu za naogół życzliwy stosunek do mojej książki, sądząc jednak, że w znacznej swej części krytyka jest wynikiem nieporozumienia i wskutek tego nie jest przekonywująca. Metody nomograficzne posiadają własną siłę przekonywującą i rozpowszechnienie ich rośnie, czego najlepszym dowodem są wielotysięczne — i rokrocznie wyczerpane — wydania kalendarzyka S. E. P., posiłkującego się w znacznym stopniu językiem nomografii.

Bolesław Konorski.

R Ó Ż N E

Uruchomienie nowego pieca elektrycznego

Zakłady Elektro Spółka Akcyjna w Łaziskach Górnych uruchomiły nowy piec elektryczny o mocy 900 kW

do wytapiania Alka-Elektro-Cementu (cementu glinowego).

Uruchomienie nowego pieca nastąpiło z powodu zwiększenia się zbytu wywołanego polepszeniem koniunktury.

PRZEDPŁATA:
 kwartalnie zł. 9.—
 rocznie zł. 36.—
 zagranicą + 50%
 za zmianę adresu
 (znaczkami pocztowymi) gr. 50

Biuro Redakcji i Administracji: Warszawa, Królewska 15, II piętro
 telefon Nr 690-23.

Administracja otwarta codz. od godz. 9 do 15 w soboty od 9 do 13
 Redaktor przyjmuje we wtorki od godz. 19-ej do 20-ej

Konto czekowe w P. K. O. Nr. 363

**Ceny ogłoszeń
 podaje administracja
 na zapytanie.**

Wydawca: Wydawnictwo Czasopisma „Przegląd Elektrotechniczny”, Spółka z ograniczoną odpowiedzialnością.