

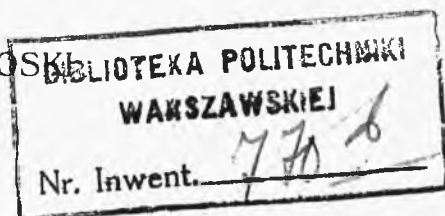
WYDAWNICTWA NAUKOWE  
KOMISJI WYDAWNICZEJ  
TOWARZYSTWA BRATNIEJ POMOCY STUDENTÓW POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ

---

# TRAMWAJE I KOLEJE ELEKTRYCZNE

INŻ. ROMAN PODOŚKIE

TOM II.



Z ZAPOMOGI MINISTERSTWA  
WYZNAŃ RELIGIJNYCH  
I OŚWIECENIA PUBLICZNEGO

WARSZAWA — 1922.

i.z.3201



~~1048~~

~~Ł. 1048. / II~~



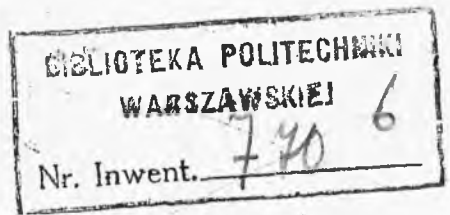
nrp. 64

---

SPÓŁKA AKC. ZAKŁADÓW GRAFICZNYCH „DRUKARNIA POLSKA”, SZPITALNA 12.  
KLISZE WYKONANO W ZAKŁ. FOTOCHEMIGRAFICZNYM ROMANA SAWICKIEGO.  
WSPÓLNA 45.

DRUKOWAŁ JÓZEF WOŹNIAK.

BG 02 P/449 - 08



## C Z Ę Ś Ć V.

### ROZDZIAŁ XIII.

## B u d y n k i.

**1. Obiór miejsca dla budynków.** Budynki tramwajów lub kolei elektrycznych składają się z elektrowni, wozowni czyli remiz, warsztatów i budynków administracyjnych (zarząd, dyrekcja, biura, magazyny i t. d.). Nie jest naszym zadaniem opisywać te budynki z punktu widzenia budowlano-architektonicznego, gdyż oczywiście tak materiały budowlane, jak rodzaj budowania i formy zewnętrzne zależą będą czysto od miejscowych warunków i wymagań. Staniemy przeto na punkcie widzenia eksploatacji i tylko z tej strony budynki te rozpatrywać będziemy.

O budynkach elektrowni, jak również o jej wewnętrznym urządzeniu, nie mamy nic do powiedzenia, gdyż to, iż ma ona dostarczać prąd dla trakcji, a nie np. dla oświetlenia, w niczem na nie nie wpływa.

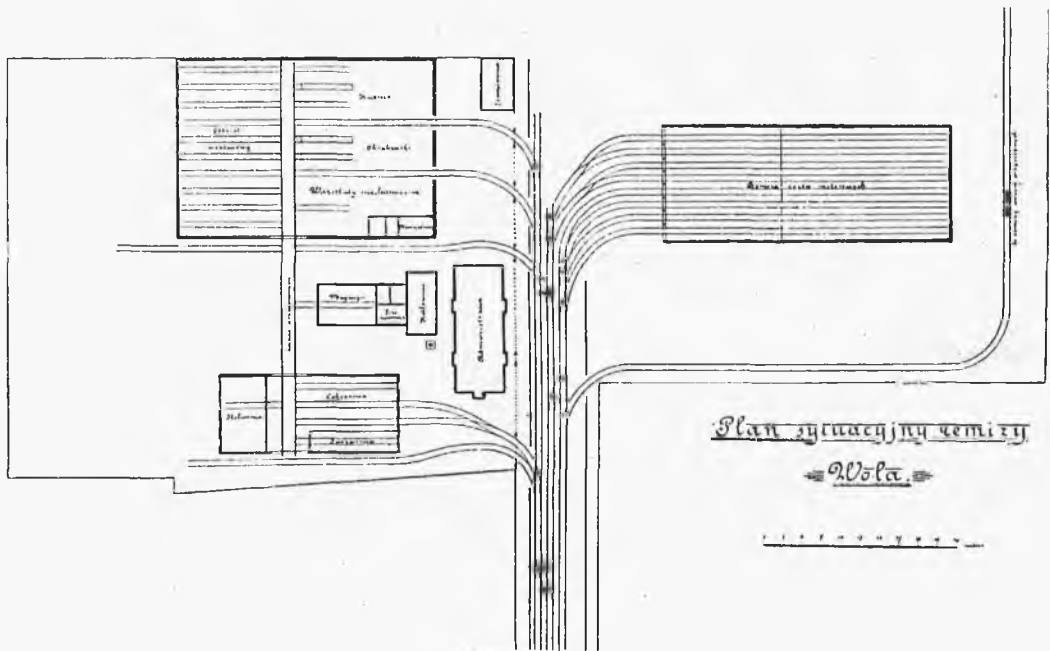
Wybór odpowiedniego miejsca dla wozowni, oraz określenie ilości i wielkości poszczególnych wozowni jest natomiast rzeczą pierwszorzędnej wagi i wymaga gruntownej znajomości warunków eksploatacyjnych. Niefortunny obiór miejsca lub mylne określenie wielkości poszczególnych remiz może się fatalnie odbić na przyszłej eksploatacji, pociągając za sobą znaczne bardzo koszty.

Przedewszystkiem tedy wypadnie się zastanowić, gdzie dogodniej byłoby mieć wozownie; na krańcach miasta, czy też możliwie bliżej środka. Jeżeli wozownie znajdują się na krańcach, to pierwsze wozy rano dążą od krańców, a zatem przedmieść, do środka miasta, ostatnie zaś, wieczorne, ze środka ku krańcom; jeżeli naodwrot wozownie znajdują się w środku, to pierwsze wozy dążyć będą ze środka ku krańcom, a ostatnie z krańców ku środkowi. To ostatnie położenie będzie tedy korzystniejsze, jeżeli np. fabryki leżą na krańcach, a robotnicy mieszkają bardziej w środku, a pierwsze, jeżeli robotnicy mieszkają przeważnie za miastem. Znalezienie odpowiedniego miejsca w środku miasta jest oczy-

wisście znacznie trudniejsze, jak na krańcach, czasami wręcz niemożliwe, grunta zaś są tu znacznie droższe.

Dalej, remizy winny koniecznie leżeć w pobliżu jednej z główniejszych linii, gdyż, nie mówiąc już o potrzebie w przeciwnym razie budowania długiej dojazdowej linii, stałyby się nieuniknione t. zw. „martwe wagono-kilometry“, powstające przy wyjeżdżaniu i wjeżdżaniu wozów. Pozatem powinna wozownia leżeć tak, aby wychodzące z niej wozy mogły dostawać się możliwie krótkimi drogami do tych linii, które one mają obsługiwać.

**2. Wozownie.** Wielkość wozowni, względnie ilość wozów, jakie każda ma w sobie mieścić, ograniczona jest z jednej strony możliwością



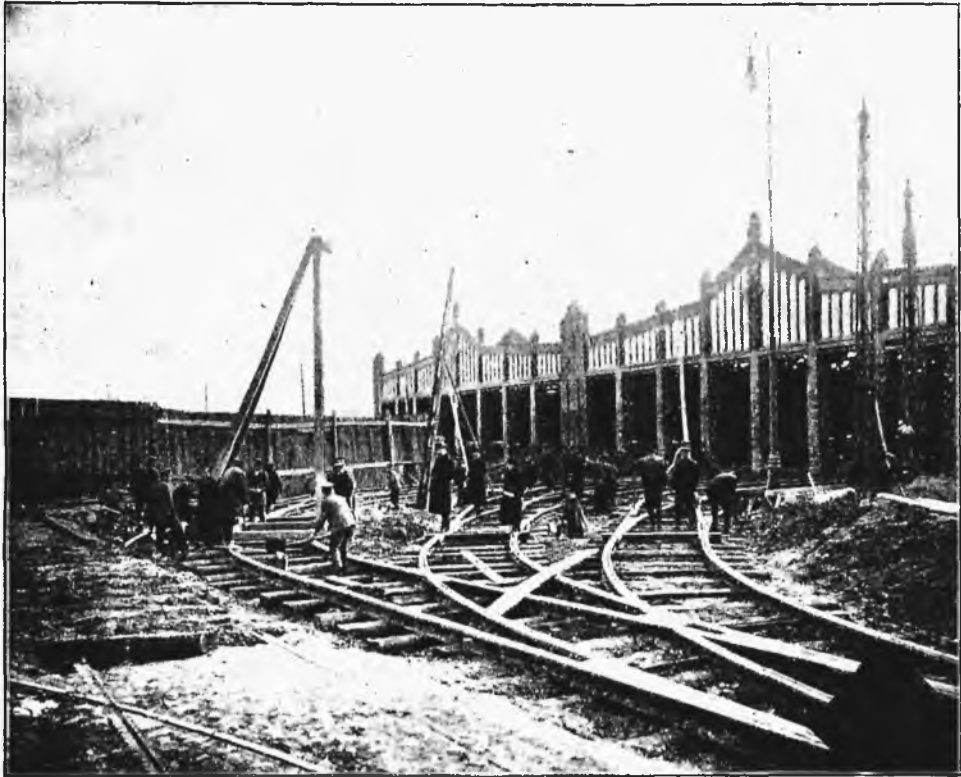
Rys. 1.

urządzenia dogodnych wjazdów tak, aby każdy wóz mógł swobodnie wyjeżdżać i wjeżdżać nie tamując ruchu innych, z drugiej zaś ilością wozów kursujących po tych liniach, które dogodnie z danej remizy mogą być obsługiwane.

Głębokość wozowni nie powinna w żadnym razie przekraczać 6—8 wozów (t. j. na jednym torze nie powinno nigdy stać więcej jak 6—8 wozów) chyba, iż wozownia ma wjazdy z obu stron. Zbyt małe wozownie są znowu niedogodne i kosztowne. Naogół zdają się być wozownie większe, jak na 100—150 wozów w normalnych warunkach,



nieodpowiednie. Przy długich, mało rozgałęzionych liniach, jak np. kolejkach podmiejskich, zapewniają wozownie na obu końcach linii duże dogodności. Ruch może się w takim razie zaczynać równocześnie w obu kierunkach, podczas kiedy często przy jednej wozowni wypadnie wyprawiać wozy niepotrzebnie wcześniej, aby tylko dać dostatecznie



Rys. 2.

wczesny ruch w przeciwnym kierunku; to samo odnosi się oczywiście i do ostatnich wozów.

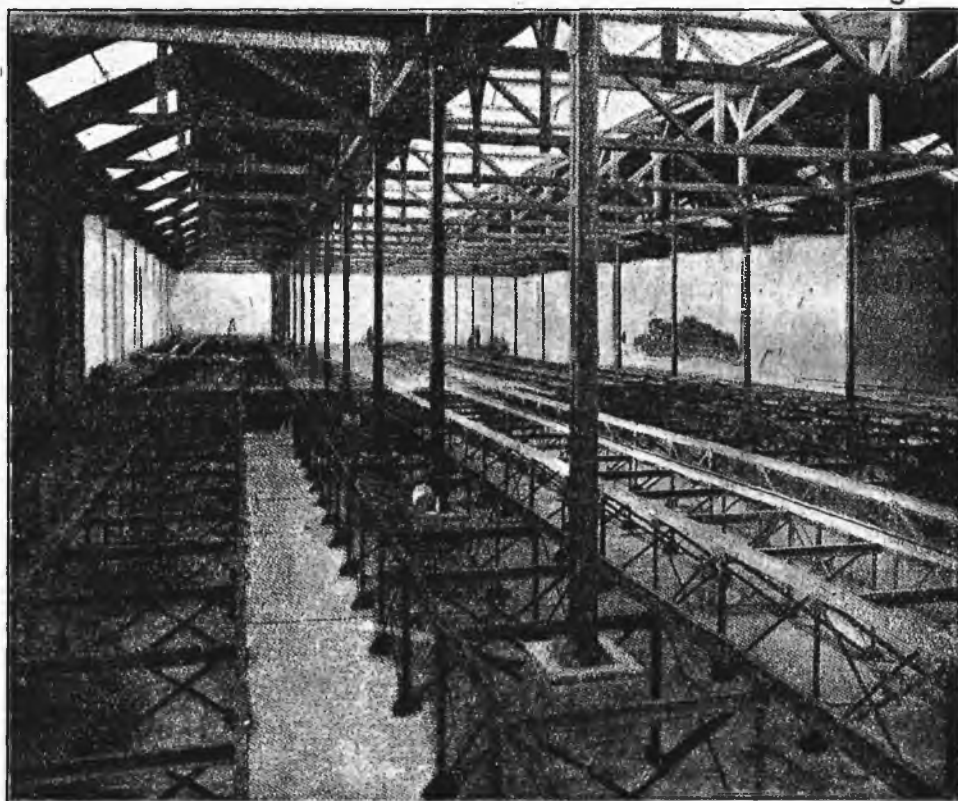
Przesuwnie należy w wozowniach możliwie unikać, a zastosowanie ich ograniczać do niezbędnego minimum, zaopatrując każdy tor w oddzielny wjazd.

Rys. 1-szy pokazuje plan sytuacyjny remizy i warsztatów tramwajów miejskich w Warszawie przed rozszerzeniem, oraz budowę wjazdów przy rozszerzaniu tejże remizy.

Szerokość międzytorza w wozowniach winna być taka, aby pomiędzy wozami pozostawała przestrzeń conajmniej 1000–1300 mm. dla umożliwienia swobodnego przejścia i dogodnej obsługi wozów. W kierunku

długości wozy mogą prawie stykać się zderzakami, dla łatwiejszego jednak wjeżdżania i uniknięcia zderzeń lepiej jest zawsze zostawiać około 500—1000 mm. między zderzakami. Tak np. wypada w Warszawie, przy długości wozów między zderzakami 9830 mm. i szerokości 2200 mm., na każdy wóz około 41 m<sup>2</sup>. powierzchni.

Dla umożliwienia rewizji podwozi winny być remizy zaopatrzone w t. zw. doły rewizyjne, t. j. około 1,5 m. głębokie, wzdłuż torów między szynami biegnące doły. Doły te najlepiej jest wykonać na całej szerokości remiz, a zatem pod wszystkimi torami, łącząc je ze sobą tak, aby umożliwić przechodzenie z jednego do drugiego.

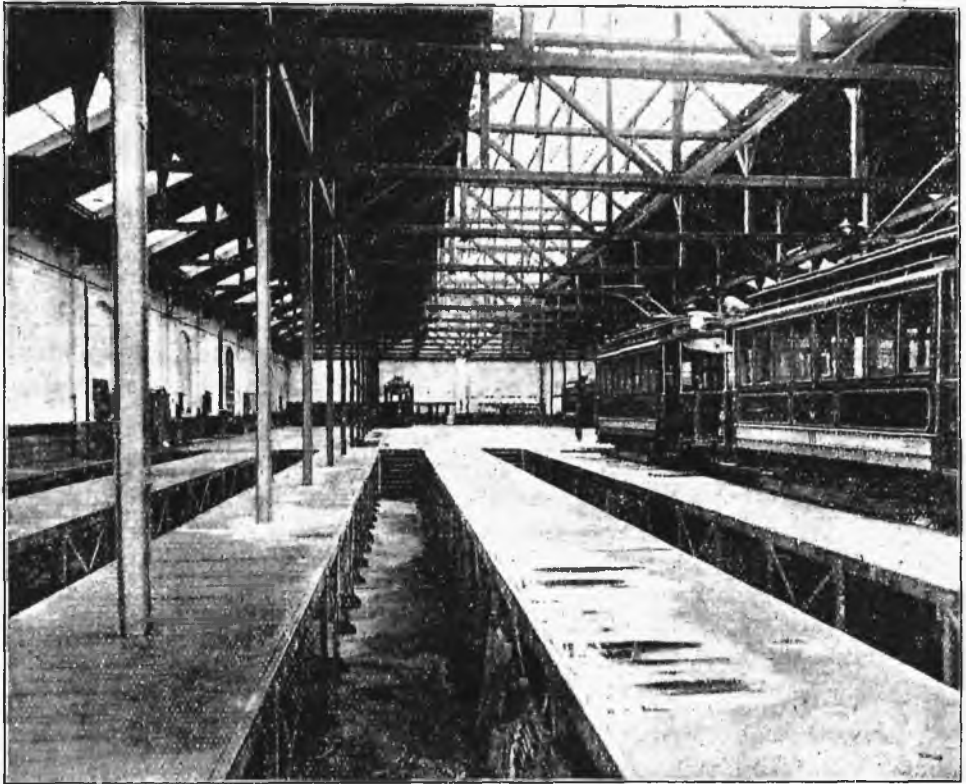


Rys. 3.

Na rys. 3-cim widzimy żelazną konstrukcję, na której przy takim urządzeniu spoczywają tory; szyny zastępują tu górne ceowniki.

Rys. 4-ty przedstawia wnętrze tejże remizy po założeniu podłogi pomiędzy torami.

Co do długości dołów rewizyjnych, to aczkolwiek wystarcza wykonać je na  $\frac{3}{4}$  długości wozowni, lepiej jest wykonywać je na całej długości, pozostawiając tylko z tyłu 2—3 m. szerokie przejście; ułatwia to znacznie rewizję wozów. Dno dołów powinno koniecznie być betonowane i starannie skanalizowane.



Rys. 4.

Oświetlenie boczne mało się nadaje dla wozowni, chyba bardzo małych, 2—3 torowych; najodpowiedniejsze jest oświetlenie (i wentylacja) górne. Okna stają się wtedy zupełnie zbyteczne. Jako oświetlenie sztuczne również mało nadają się silne lampy łukowe, względnie żarowe 500—1000 świecowe, gdyż powstają wtedy bardzo silne cienie i nader nierównomierne oświetlenie; odpowiedniejsze są tu mniejsze, dobrze rozłożone lampki, 25—50 świecowe. W dołach rewizyjnych należy przewidzieć dostateczną ilość kontaktów dla przenośnych lamp ręcznych; pamiętać przytem należy, iż wilgoć jest tu nieunikniona, że przeto izolacja winna być bardzo staranna.

Niezbędną rzeczą w wozowniach są wodociągi i dobra kanalizacja; krany winny być rozłożone po całej remizie; ważną również rzeczą jest dobre ogrzewanie.

Bramy wjazdowe winny być mocne i dobrze zbudowane, aby się dawały łatwo otwierać i zamykać, nie zacinały się i nie paczyły; szerokość ich winna być taka, aby po obu stronach wozu pozostawało conajmniej po 500 mm., t. j. aby się tam mógł zmieścić człowiek.

Wysokość wozowni zależna jest od wysokości wozów i sieci; zwykle wynosi ona 5—5,5 m. (w Warszawie n. p. 5,5 m.) od główki szyn do wiązań dachowych.

Co do wiązań dachowych i ewent. słupów, takowe podtrzymujących, to żelazo bynajmniej nie jest uznane za najlepszy materiał, a przeciwnie znaczna część eksploatacji woli drzewo. Rzecz idzie o to, iż konstrukcja żelazna sprzyja bardzo krótkim zwarciom, wystarczy bowiem, aby krążek lub pałąk dotknął się równocześnie drutu roboczego i żelaznego wiązania, aby wywołać gwałtowne krótkie zwarcie. W razie pożaru mogą czasami żelazne belki stać się niebezpieczniejsze od drewnianych, gdyż rozszerzając się skutkiem gorąca łatwo rozsadzają mury. Pozatem żelazne wiązania są dla pracowników zajętych na dachach wozów niebezpieczne (równoczesne dotknięcie drutu i wiązania). W Warszawie n. p. zastosowano słupy żelazne, ale drewniane wiązania.

Zewnętrzny wygląd jednej z remiz w Warszawie widzimy na rys. 5-tym.

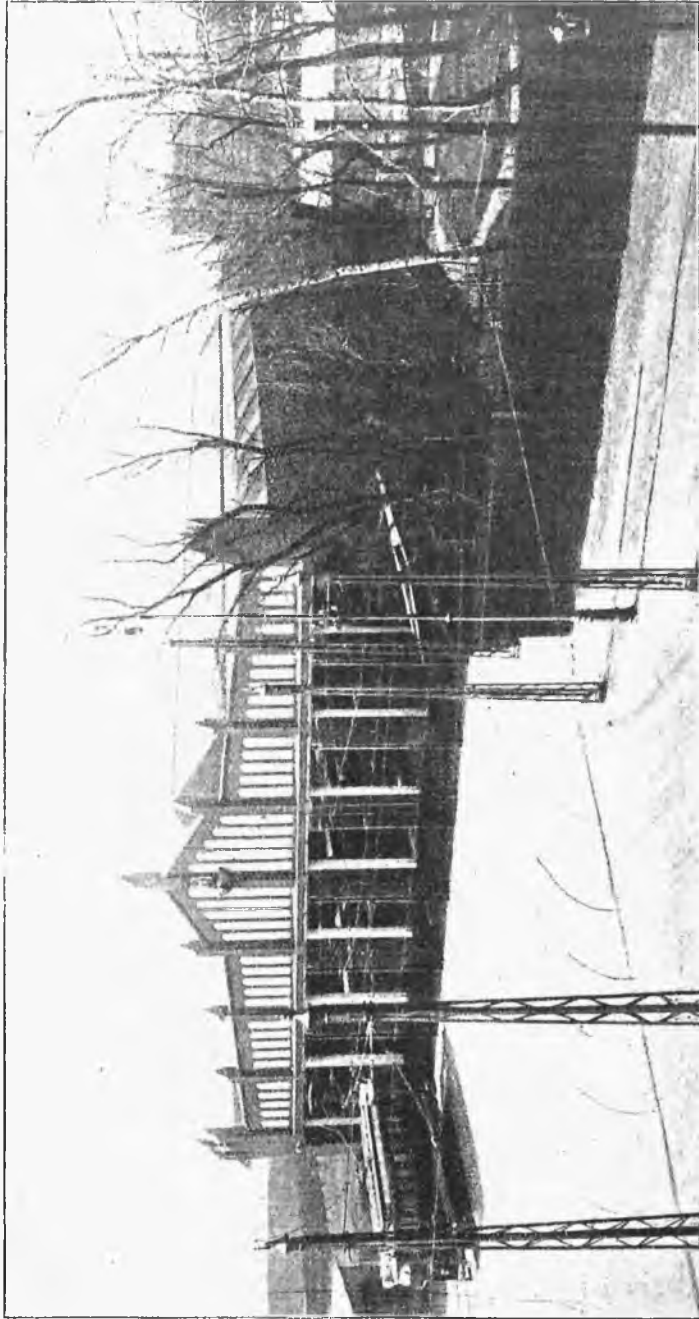
Przy każdej wozowni niezbędne są budynki dodatkowe, mieszczące w sobie mieszkania dla zawiadowcy i majstra oraz paru stróży, mały podręczny magazyn, salę dla motorniczych i konduktorów oraz kancelarję zawiadowcy.

Sale dla motorniczych i konduktorów winny być obszerne i widne; należy umieszczać tu zamykane szafki, w których konduktorzy mogliby przechowywać swoje bilety, torby i t. d.; pozatem winny tu znajdować się stoły dla liczenia pieniędzy. Sala konduktorska winna być połączona okienkami z kasą, do której konduktorzy zdają zainkasowane pieniądze.

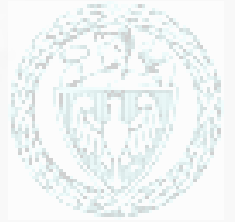
Pozatem niezbędny jest przy każdej wozowni chociażby niewielki warsztat.

Co do rozmiaru warsztatów przy wozowniach są zdania podzielone. Rozróżnić tu można kierunek centralistyczny, dążący do tego, aby wszelkie poważniejsze reperacje wykonywane były w warsztatach głównych, i decentralizacyjny, dążący do wykonywania możliwie większej ilości robót w samych wozowniach.

Pierwszy zaopatruje wozownie w zupełnie małe warsztaciki z najniezbędniejszymi tylko narzędziami, drugi zamienia poniekąd każdą remizę w warsztat. Wybór jednego z tych kierunków zależy będzie od



Rys. 5.



wielkości wozowni, ich położenia, rozmiarów całej eksploatacji, jakości personelu i t. d.

Warsztaty główne, będąc zawsze lepiej zaopatrzone w narzędzia i maszyny, mogą zwykle lepiej i taniej wykonywać roboty, jak zawsze uboższe warsztaty remizowe, zapewniając przytem większą jednostajność robót. Natomiast system decentralizacyjny unika kosztów i trudności przewożenia uszkodzonych wozów do warsztatów głównych i poprawionych do remiz.

W Warszawie zaprowadzono n. p. system centralny, powierzając wozowniom tylko normalną codzienną rewizję, zmianę klocków hamulcowych, wyważanie pałaków, zmianę ślizgaczy i t. p. i naprawę drobnych uszkodzeń. Natomiast w Piotrogradzie niema wogóle warsztatów głównych, a poszczególne wozownie zaopatrzone są w większe lub mniejsze warsztaty wykonywujące wszelkie roboty.

**3. Warsztaty główne.** Wielkość i urządzenie warsztatów głównych tak dalece zależna jest od miejscowych warunków, iż żadna ogólniejsza reguła postawić się tu nie da.

Oczywiste jest n. p., iż dla małej eksploatacji nie opłacają się nigdy dobrze urządzone warsztaty, lecz że dla niej będzie zawsze korzystniejsze wykonywać poważniejsze roboty na zewnątrz, w jakiej fabryce maszyn. Natomiast będzie się zawsze każda większa eksploatacja starała wykonywać możliwie wszelkie roboty i reperacje u siebie, posuwając to nieraz aż do całkowitej budowy wozów, a conajmniej gruntownego ich odnawiania i przebudowy. Wielkość warsztatów będzie dalej zależała od większej lub mniejszej łatwości wykonywania robót na zewnątrz w danym mieście, obecności lub nie odpowiednich fabryk i t. p.

Wobec tego zdaje nam się najlepiej dać tu opis większych warsztatów, na podstawie którego łatwo już będzie, usuwając, stosownie do potrzeby, poszczególne maszyny, zaprojektować warsztaty mniejsze lub większe, odpowiadające wymaganiom danej eksploatacji.

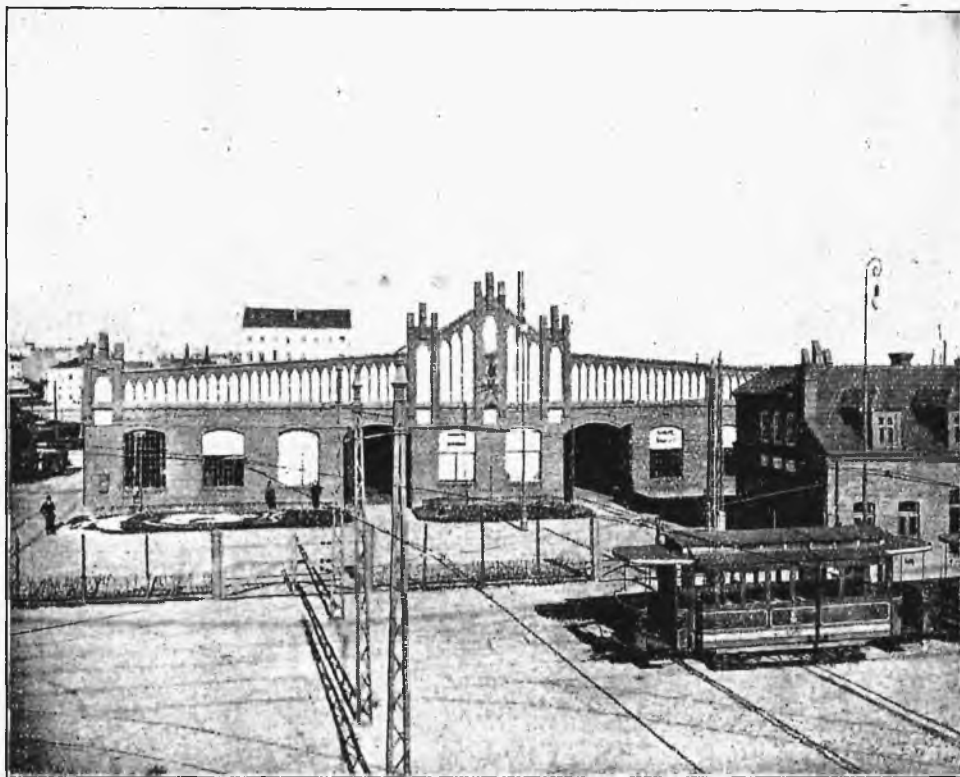
Takimi większemi warsztatami są warsztaty tramwajów warszawskich, przeznaczone nietylko do wykonywania wszelkich robót przy wozach, łącznie z gruntowną reparacją, i przerabiania dawnych wozów konnych na doczepne, lecz również i budowy zwrotnic, skrzyżowań i t. d.\*)

Warsztaty główne tramwajów warszawskich, rys. 1-szy i 6-ty, składają się z trzech oddzielnych budynków, mianowicie: 1) warsztatów mechanicznych, 2) stolarni i lakierni i 3) magazynu wraz ze stacją przetwornic i kotłownią dla centralnego ogrzewania.

---

\*) Opis odnosi się do stanu przedwojennego: warsztaty zostały później rozszerzone dodaniem całego szeregu obrabiarek.

Budynek główny warsztatów mechanicznych, długości 67,5 m., szerokości 45 m. i wysokości 5,5 m., odpowiada ogólnym swym wyglądem budynkom wozowni. Wiązania dachowe są tu jednak żelazne, wsparte na żelaznych słupach, ustawionych w dwu rzędach w odległości 13,5 m. od ścian bocznych, którymi cała sala podzielona jest na 3 oddziały. Hala ma dwa wjazdy torowe; w połowie hali znajduje się przesuwница elektryczna, przy pomocy której można przesuwac wozy na 8 torów, umieszczonych w tyle hali, za przesuwnicą. Cztery z tych torów zaopatrzone są w dół rewizyjne.



Rys. 6.

W przedniej części hali mieszczą się: dwie duże tokarki do obtaczania bandażu kół, poruszane każda oddzielnym 4-konnym elektromotorem; automatyczna frezarka do kół zębatach, poruszana 3-konnym motorem; 3 mniejsze tokarki, 3 wiertarki, mała strugarka i szlifierka, poruszane przy pomocy transmisji wspólnym 10-konnym elektromotorem.

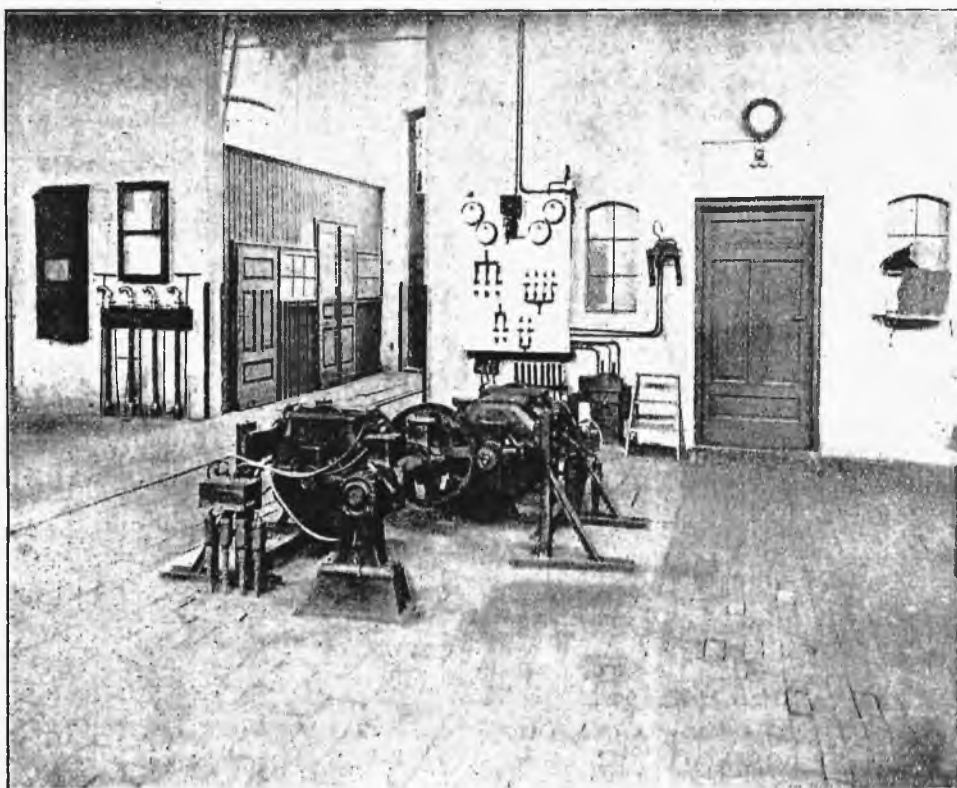
W prawej stronie hali mieści się kuźnia, zaopatrzona w 4 rozgniazdowe ogniska kowalskie, młot pneumatyczny, nożyce do blachy do 10 mm. i przebijkę dla dziur do 25 mm. Do fabrykacji rozjazdów

służą 2 heblarki, dwie wiertarki dla dziur do 80 mm., strugarka i piła do cięcia szyn.

Część tylna hali stanowi oddział montażowy, mogący pomieścić 12 elektrowozów. Tu znajdują się 3 żorawie obrotowe, odpowiednia ilość dźwigów i kozłów do podnoszenia wozów, przewoźny aparat „Atom“ do odkurzania i t. p.

Do próbowania izolacji służy mała przetwornica na wózku, przetwarzająca prąd, otrzymywany z sieci przy napięciu 550 voltów, na prąd o napięciu 1200 voltów.

Od głównej hali oddzielona przepierzeniem nawijalnia posiada ma-



Rys. 7.

szynę do nawijania cewek oraz przyrząd „Vakuum“ do suszenia nowo nawiniętych cewek i tworników.

Do próbowania motorów służy urządzenie, uwidocznione na rys. 7-mym.

Motor, który ma być próbowany, osadza się na ramie, w której jego koło zębate chwyta duże koło takie, jak na osi elektrowozu; koło



to napędza ze swej strony trybik drugiego motoru, osadzonego na tejże ramie.

Kiedy silnik I, otrzymując prąd, zacznie się obracać, to napędza on silnik II z szybkością równą swojej; silnik II staje się wtedy prądnicą, jeżeli więc obwód jego zamknąć na oporniki, to można, zmieniając ich wielkość, więcej albo mniej obciążać silnik I. Widoczne na rysunku przełączniki pozwalają dowolnie włączać silnik I lub II jako prądnicę lub silnik; ampero- i voltomierze pozwalają każdorazowo odczytać i obliczyć moc, względnie pracę, zużytą przez silnik i oddaną przez prądnicę, z czego daje się już wyliczyć współczynnik sprawności silnika, przekładni i t. p.

W warsztacie stolarskim znajduje się piła tarczowa, piła taśmowa, 2 heblarki i toczak, napędzane wspólnym 10-konnym motorem.

Do stolarni przylega malarnia i lakiernia z trzema torami. Przesuwnica, obsługująca główną halę warsztatu mechanicznego, wychodzi poza nią i przewozi wozy wprost do malarni na jeden z jej 3 torów. Dwa z tych torów są wyprowadzone na zewnątrz i połączone z torami przed wozownią, tak, iż wozy mogą po skończonej reperacji i odmalowaniu tędy wprost wyjeżdżać.

---

## C Z Ę Ś Ć VI.

### ROZDZIAŁ VIV.

## Elektrownie i podstacje.

1. **Wstęp.** Urządzenia elektrowni dla tramwajów, kolei dojazdowych i kolei magistralnych nie różnią się zasadniczo niczem od urządzeń elektrowni dla przesyłania energii i oświetlenia. Mamy tu do czynienia z temi samemi maszynami napędowemi, parowemi, spalinowemi czy wodnemi, prądnicami prądu stałego lub zmiennego, układami połączeń, przyrządami i t. d., jak przy oświetleniu i przesyłaniu siły, a że sposoby obliczania mocy tak całej elektrowni, jak i poszczególnych maszyn poznaliśmy już w rozdziale I, przeto zajmować się dalej temi urządzeniami nie będziemy i przejdziemy od razu do podstacji.

Jak to już widzieliśmy przy obliczaniu sieci, nie dadzą się dłuższe linje racjonalnie zasilać bezpośrednio z jednej elektrowni; dla uniknięcia zbyt wielkich strat oraz ciężkich i kosztownych przewodów należy w takich wypadkach stosować dla przesłania energii napięcia wyższe, dla sieci roboczej zbyt już wysokie i napięcia te obniżać, względnie przetwarzać, w odpowiednio obranych punktach zasilających.

Pod nazwą podstacji rozumiemy więc całokształt urządzeń dla przetwarzania prądu, a zatem tak zmiany napięcia, jakoteż n. p. prądu zmiennego na stały, trójfazowego na jednofazowy i t. p.

Jeżeli mamy tylko obniżyć napięcie prądu zmiennego jedno lub trójfazowego, to stosujemy zwykle stałe transformatory; przeważnie jednak zadanie nie jest tak proste. Jak to później zobaczymy, wymaga trakcja elektryczna prądu zmiennego o małej częstotliwości, około 15—17. Tak mała częstotliwość jest znowu dla światła nieodpowiednia, wypada więc albo budować dla trakcji zupełnie oddzielne elektrownie i sieci, względnie ustawiać oddzielne generatory o małej częstotliwości, albo też, czerpiąc prąd z ogólnych elektrowni, przetwarzać go w odpowiednich przetwornicach na prąd o mniejszej częstotliwości.

Pierwszy sposób, t. j. budowa oddzielnych elektrowni, wymaga również oddzielnej sieci tak, że przy szerszej elektryfikacji powstaje w kraju dwa systemy sieci, które nawet wzajemnie wspomagać się nie mogą, drugi natomiast komplikuje znacznie całe urządzenie i powoduje powstawanie dodatkowych dość znacznych strat: natomiast umożliwia on lepsze wyzyskanie maszyn elektrowni i pozwala osiągnąć lepszy współczynnik obciążenia. Co jest lepsze, czy oddzielne, gorzej obciążone elektrownie i oddzielne sieci, czy też ogólna sieć i lepiej wyzyskane elektrownie, ale zato większe straty i znaczne zwiększenie kosztów urządzenia, to się z góry powiedzieć nie da, lecz musi być badane i rozstrzygane od wypadku do wypadku.

**2. Urządzenia podstacji.** Napięcie w sieci roboczej wynosić może przy prądzie zmiennym jednofazowym do 16000 voltów, trójfazowym 3000 — 4000 voltów. Napięcie w sieci dosyłowej bywa oczywiście znacznie wyższe, przy większych sieciach obecnie zwykle około 100000 voltów; jeżeli więc musimy zmieniać częstotliwość, to musimy przede wszystkim ustawić transformator, któryby obniżał napięcie do granic dopuszczalnych dla przetwornicy. Napięcie otrzymane z przetwornicy podwyższamy następnie znowu do wysokości potrzebnej dla sieci roboczej. Mamy więc podwójną transformację z podwójnymi stratami, a aczkolwiek współczynnik sprawności dobrych transformatorów jest bardzo wysoki, to jednak pamiętać należy, że współczynnik ich wyzyskania jest naogół bardzo mały, że więc straty biegu jałowego grają ważną bardzo rolę i obniżają znacznie ogólny współczynnik sprawności.

W ostatnich latach zaczęto budować generatory dla napięcia do 12000, a nawet więcej voltów; generatory takie 12000 voltów fabryki General Electric Co. pracują n. p. już od lat paru w licznych podstacjach stanów Zjednoczonych, generatory elektrowni kolei New-York New-Haven and Hartford wytwarzają bezpośrednio prąd trójfazowy o napięciu 11600 voltów i t. d. Napięcie 12000 voltów jest naogół wystarczające dla zasilania nawet najdłuższych i najbardziej ożywionych linii kolejowych, stosując przeto takie generatory można zaoszczędzić jedną transformację.

Dla przetwarzania prądu zmiennego na stały stosowane bywają tak przetwornice jednotwornikowe i motor-generatory, jak i prostowniki rtęciowe. Pozatem niezbędne są oczywiście transformatory, obniżające napięcie prądu zmiennego.

Zaletą przetwornic jednotwornikowych jest mniejszy ich koszt i wysoki współczynnik sprawności, dochodzący przy pełnym obciążeniu do 94% dla mocy 100—500 kw. i 96% dla mocy większych (bez transformatora), wadą natomiast jest dość niski współczynnik mocy 0,83 — 0,85,

niemożność regulowania napięcia prądu stałego niezależnie od napięcia zmiennego i wogóle elektryczne związanie obu obwodów prądu zmiennego i stałego. Poza tem dobra komutacja, zwłaszcza przy wyższych napięciach, sprawia pewne trudności tak, że jak dotychczas nie udało się zbudować sprawnie działających przetwornic dla napięć wyższych, jak jakie 1500 voltów.

Przetwornice dwutwornikowe, motor-generatory, złożone z motoru prądu zmiennego asynchronicznego, lub częściej synchronicznego, i osadzonej na tym samym wale prądniczy prądu stałego, są znacznie droższe i mają niższy współczynnik sprawności, około 88% przy pełnem obciążeniu dla mocy do 500 kw., 89% dla mocy większych, ale zato znacznie lepszy współczynnik mocy. Regulując odpowiednio wzbudzenie motoru synchronicznego można nietylko otrzymać współczynnik mocy równy jedności, ale nawet prąd pośpieszający przed napięciem i w ten sposób poprawiać współczynnik mocy całego obwodu. Obwody prądu zmiennego i stałego są od siebie zupełnie niezależne i elektrycznie niezwiązane, napięcie prądu stałego można regulować dowolnie, komutacja jest lepsza, napięcie może być wyższe. Przy wyższych napięciach i rozległych sieciach bywa przeto często zastosowanie takich przetwornic wskazane.

Prostowniki rtęciowe budowane były do niedawna tylko dla małych mocy i dopiero w ostatnich latach zaczęły być stosowane dla trakcji; dotychczas są one mało rozpowszechnione, stanowią jednak stanowczo ogromny postęp. Współczynnik sprawności tych prostowników jest nader wysoki i ogromnie stały; w granicach n. p.  $\frac{1}{4}$  do pełnego obciążenia dosięga on wartości 98%. Współczynnik mocy jest również bardzo wysoki, brak części obracających się zmniejsza znakomicie koszta obsługi i utrzymania. Natomiast są prostowniki jak dotychczas bardzo drogie, obwód zaś prądu stałego jest i tu związany elektrycznie z obwodem prądu zmiennego.

Zasady działania i budowy przetwornic jedno i dwutwornikowych są ogólnie znane, nie będziemy się więc tu niemi bliżej zajmować; musimy jednak pomówić nieco o niektórych dodatkowych urządzeniach, niezbędnych dla zadośćuczynienia wymaganiom trakcji. Urządzenia takie najlepiej poznać na konkretnym przykładzie.

Jedno z największych i najnowszych urządzeń tego rodzaju posiada kolej elektryczna Chicago Milwaukee and St. Paul w Stanach Zjednoczonych. Zelektryfikowana część tej kolei około 715 km. długa (obecnie już przeszło 1200 km.), używa prąd stały o napięciu 3000 voltów; energję czerpie kolej z ogólnej sieci Montana Power Co., zaopatrującej w energję elektryczną cały Stan Montana.

Prąd zmienny trójfazowy o napięciu 100000 voltów, 60 okresów przetwarza się w 14 podstacjach rozstawionych wzdłuż linii na prze-

strzeni 715 km. na prąd stały o napięciu 1500 voltów: prądnice prądu stałego, połączone parami w szereg, zasilają sieć roboczą napięciem 3000 voltów. Ogólna moc podstacji wynosi 59500 kw., jednostki złożone z motoru synchronicznego i dwu prądnic prądu stałego mają moc 2000 i 1500 kw.

Na podstacjach obniżają transformatory napięcie do 2300 voltów. Każda grupa składa się z motoru synchronicznego trójfazowego 2300 voltów, odpowiedniej mocy, osadzonego na wspólnym wale z dwoma prądnicami prądu stałego dla napięcia 1500 voltów każda.

Wobec charakteru ruchu (rzadkie, ale bardzo ciężkie pociągi, lokomotywy mają moc 3600 koni, a w pociągu bywa często dwie lokomotywy), oraz zastosowania odzyskiwania energii, pracują tak motory, jak i prądnice w nader ciężkich warunkach i muszą nie tylko wytrzymać przeciążenia dochodzące do 300% i nagłe przejścia z biegu jałowego do przeciążenia, ale również z maksymalnego obciążenia do obciążenia negatywnego, t. j. zmiany roli i pracy prądnic jako motorów, a motoru jako prądnicy z oddawaniem energii na linję. Wobec tego są te przetwornice tak obliczone, że temperatura ich podnosi się przy stałym pełnym obciążeniu tylko o 35° C. ponad temperaturę otoczenia, po dwugodzinnem zaś przeciążeniu o 150% tylko o 60° C., a po 5 minutowem przeciążeniu o 300% o 85° C.

Układ połączeń obwodu wzbudzającego takiego zespołu o mocy 2000 kw. widzimy na rys. 8-ym.

Prądnice umieszczone są po obu stronach motoru; poza prądnicami głównymi umieszczone są na tymże wale jeszcze dwie małe prądnice wzbudzające, jedna dla motoru synchronicznego, druga dla prądnic głównych.

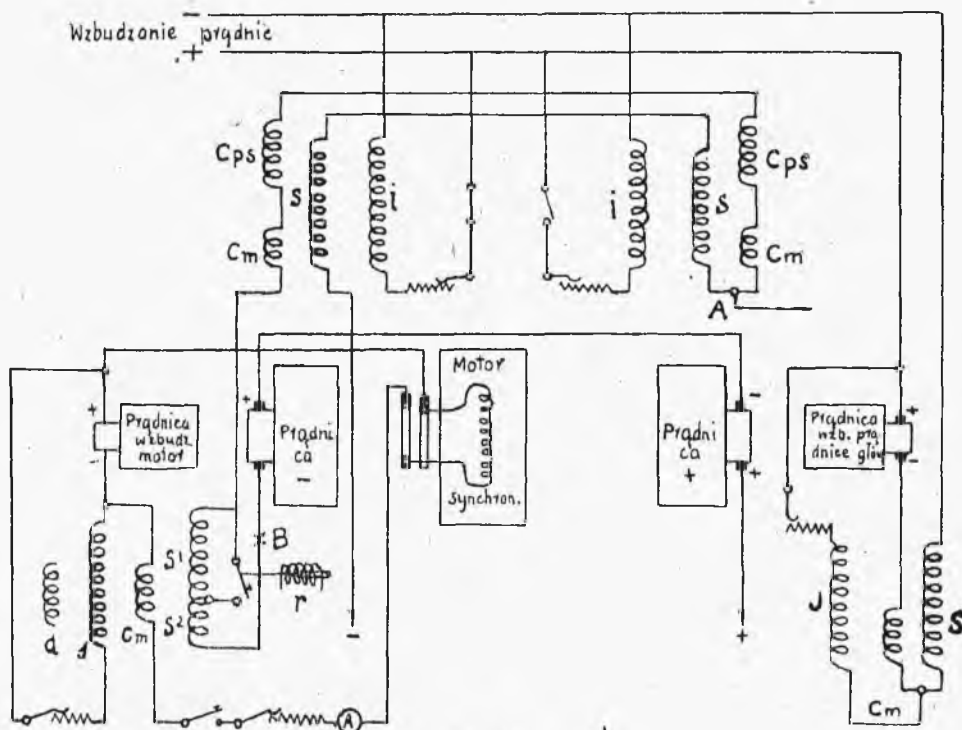
Magnesy prądnic głównych mają dwa uzwojenia: niezależne „i“ „i“, zasilane przez wyżej wspomnianą małą prądnicę (na rys. 8-ym na prawo) i głównikowe „SS“, a pozatem bieguny zwrotne „Cm“ i uzwojenie wyrównawcze „Ops“. Uzwojenie prądnicy wzbudzającej jest również szeregowo-bocznikowe „S“ i „s“ dające stałe napięcie; prądnica ta ma także bieguny zwrotne „Cm“.

Magnesy prądnicy wzbudzającej motor (na rys. 8-ym, na lewo) mają 4 uzwojenia: bocznikowe „s“, niezależne różniczkowe „d“ (w praktyce nie używane), głównikowe szeregowo „S<sub>1</sub>“ i szeregowo „S<sub>2</sub>“, oba ostatnie włączone w obwód prądnic głównych. Uzwojenie „S<sub>1</sub>“, ma 6 zwojów i wzmacnia działanie uzwojenia bocznikowego „s“, uzwojenie zaś „S<sub>2</sub>“ 3 zwoje, nawinięte tak, że osłabia działanie uzwojeń „s“ i „S<sub>1</sub>“. Skutkiem przewagi liczby zwojów uzwojenia „S<sub>1</sub>“, wzrasta wzbudzenie z wzrastającym prądem a zatem i obciążeniem motoru; wywołuje to wzmocnienie prądu wzbudzającego i samego wzbudzenia motoru synchro-

nicznego, a temsamem zapobiega ewent. wypadnięciu jego z synchronizmu, zawsze możliwemu przy przeciążeniach, gdyby nie było podobnego urządzenia. Równocześnie wzmocnienie wzbudzenia powoduje wzrost ujemnego przesunięcia faz, czyli pośpieszanie prądu przed napięciem ( $\cos \varphi$  ujemne) i zmniejsza  $\cos \varphi$  sieci wysokiego napięcia.

W razie odzyskiwania energii otrzymują prądnice prąd z sieci roboczej i stają się motorami napędzającymi motor synchroniczny, który teraz pracuje jako generator, oddając prąd do transformatora i na linję wysokiego napięcia.

Przekaznik „r”, wspólny dla wszystkich przetwornic na jednej podstacji, ma swe uzwojenie włączone między szyny zbiorcze a ziemię



Rys. 8.

tak, że w razie zmiany kierunku prądu, a zatem przy regeneracji, zwiera na krótko uzwojenie „S<sub>1</sub>” prądnicy wzbudzającej motor. Działają więc teraz tylko uzwojenia „s” i „S<sub>2</sub>”, które to ostatnie jednak wzmacnia teraz działanie „s”, gdyż kierunek prądu został zmieniony. Wzbudzenie więc wzrasta i teraz wraz ze wzrastającym prądem.

Skutkiem nieuniknionych nagłych zmian w obciążeniu, nagłych przeciążeń i krótkich zwarców, częstszych jak w innych urządzeniach,

są zawsze prądnice trakcyjne bardziej narażone na niebezpieczeństwo t. z. „ognia na kolektorze”, jak wszelkie inne.

Niebezpieczeństwo powstawania ognia na kolektorze wzrasta przytem, jak wiadomo, ze wzrastającym napięciem, a wyższe napięcia prądu stałego stosowane bywają wyłącznie prawie przy trakcji.

Ogień na kolektorze powstaje skutkiem nadmiernego iskrzenia szczotek w chwili, kiedy szczotka przechodzi z jednej działki kolektora na drugą; jeżeli przytem obciążenie jest zbyt wielkie, a zatem prąd mocny, może taka iskra wywołać powstanie trwałego łuku; jeżeli dalej łuki takie powstaną między wszystkimi działkami od rzędu do rzędu szczotek, to przemieniają się one w jeden łuk od szczotki do szczotki wywołujący gwałtowne krótkie zwarcie maszyny. Na wywołanie takiego zjawiska wystarcza tem słabsza iskra, im większa jest różnica napięcia między działkami, a zatem im wyższe napięcie maszyny.

Stały łuk elektryczny powstaje skutkiem wytworzenia się dostatecznej ilości gazów o wysokiej temperaturze, względnie małym oporze elektrycznym; aby więc łuk mógł powstać, potrzeba aby się wytworzyła odpowiednia ilość gazów. Wynika z tego, że aby mógł powstać ogień na kolektorze, niezbędna jest pewna minimalna ilość energii, inna zresztą dla każdej maszyny. Stwierdza to zupełnie doświadczenie, które wykazuje, że minimalna moc wywołująca ogień na kolektorze jest tem większa, im krócej trwa, czyli inaczej powiedziawszy, że natężenie prądu dopuszczalne bez wywołania ognia na kolektorze jest funkcją czasu, przez jaki natężenie to trwa.

Bieguny zwrotne nie chronią od ognia na kolektorze przy nagłych przeciążeniach; w razie takich przeciążeń lub „krótkich zwarć na linii następuje magnetyczne nasycenie maszyny, magnetyzm nie wzrasta już dostatecznie, wzrost jego jest zresztą zbyt powolny, aby mógł zapobiec powstaniu ognia

Ogień na kolektorze nie tworzy się momentalnie, ale potrzebujna powstanie pewnego czasu, a mianowicie tyle, aby działka kolektora przeszła od szczotki do szczotki; gdyby się udało w tym czasie prąd przerwać, to ogień powstałby nie mógł, powstałyby tylko miejscowe łuki znacznie już mniej szkodliwe. Łuki takie powstają tem trudniej i tem są słabsze, im krócej trwa przeciążenie, czyli im prędzej prąd zostanie przerwany.

Jak widać z poprzednio powiedzianego, są dwie drogi zapobieżenia powstaniu ognia na kolektorze, a mianowicie: 1) możliwie prędkie przerwanie prądu i 2) chłodzenie, względnie odprowadzenie gazów, np. przez odpowiednie przegródki pomiędzy rzędami szczotek. Oba te sposoby zostały wypróbowane i praktycznie zastosowane tak, że dziś ogień na kolektorze przestał już być groźny



Zwykle wyłączniki samoczynne, a tembardziej bezpieczniki, nie działają dość szybko, aby mogły chronić od ognia na kolektorze; wyłączniki przerywają zwykle prąd w około 0,15 sekundy, podczas kiedy na przejście działki kolektora od szczotki do szczotki wystarcza od 0,01 do 0,02 sek. (np. w wyżej opisanych przetwornicach kolei Chicago, Milwaukee and St. Paul mających 8 biegunów i robiących 514 obrotów na min. 0,014 sek.).

P. E. Hosegood obmyślił specjalny bezpiecznik, w którym paski topikowe zrobione są ze specjalnego stopu srebra; bezpiecznik taki przerywa prąd już w około 0,008 sek. Bezpiecznik ten jednak nie znalazł szerszego zastosowania wobec trudności w zakładaniu nowych pasków topikowych \*).

Natomiast nader praktycznym okazał się extra-szybki wyłącznik General Electric Company obecnie w Ameryce szeroko rozpowszechniony\*\*).

Wyłączniki takie stosowane bywają niezależnie od wyłączników normalnych i włączone najlepiej w przewód powrotny (ujemny) tak, że nie przerywają zupełnie prądu, ale tylko włączają w obwód odpowiedni opór tak obliczony, że prąd spada do natężenia nie przekraczającego granic iskrzenia.

Wyłącznik musi być tak nastawiony, aby nie działał przy zwykłych przeciążeniach, do czego służą właśnie normalne wyłączniki, ale dopiero poczynając np. od 3—3,5-krotnego przeciążenia i przerywał prąd, zanim ten osiągnie wartość 8-krotną normalnej.

Liczne próby wykazały, że przy krótkim zwarciu przy samej maszynie bez indukcji w obwodzie prąd wzrasta z prędkością około 1000000 amp. na sekundę.

Szematyczny rysunek i układ połączeń najnowszego wyłącznika General Electric Co. widzimy na rys. 9-tym.

Przed biegunami  $F_1$  i  $F_2$  elektromagnesu z uzwojeniem bocznikowym  $S_1$  umieszczona jest kotwica  $A$  która obraca się naokoło punktu  $P$ . Kotwica ta jest bardzo lekka tak, że jej moment bezwładności jest mały. Pomiędzy biegunami magnesu, w bezpośrednim sąsiedztwie kotwiczki, zawieszona jest sztaba  $S_2$ , włączona szeregowo w obwód główny. Prąd przepływający przez  $S_2$  wywołuje gwałtowną zmianę pola magnetycznego, mało wpływając na strumień magnetyczny uzwojenia  $S_1$ . Sztaba  $S_2$  wydmuchuje poniekąd ten strumień w powietrze; skoro więc prąd osiągnie pewne natężenie, pole zostaje na tyle osłab-

---

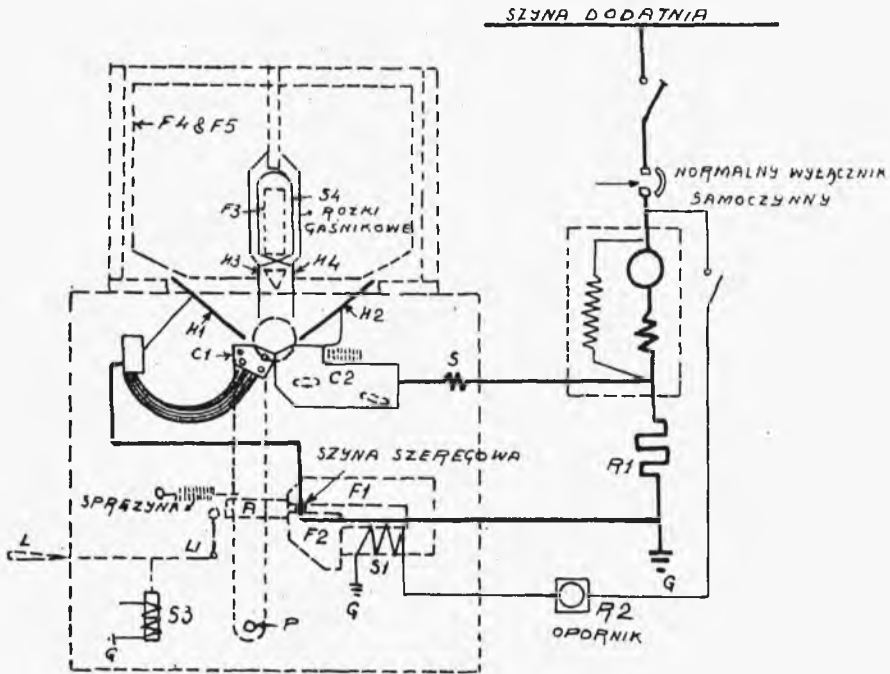
\*) J. J. Linebaugh and J. L. Burnham „Protection from flashing for direct-current apparatus“ — General Electric Review 1918 № 7.

\*\*) Tamże oraz J. E. Tritte „New type of high speed circuit breaker“ — General Electric Review 1920 № 4.



bione, że sprężyny przeważają siłę magnetyczną i kotwica zostaje odciągnięta, oswabadzając i otwierając kontakty główne  $C_1$  i  $C_2$ .

Kontakty te z masywnej miedzi zaczynają się otwierać w tej samej chwili, kiedy kotwica zostaje odciągnięta;  $C_1$  jako cięższe od  $C_2$  idzie za nim w pewnej odległości, ale porusza się znacznie wolniej tak, że odległość między  $C_1$  a  $C_2$  szybko się zwiększa. Silny gaśnik  $S$  włączony w obwód główny wydmuchuje powstający przytem łuk w górę, między różki  $H_1$   $H_2$ . Posuwając się dalej w górę łuk styka się z dodatkowymi różkami  $H_3$  i  $H_4$  pomiędzy które włączony jest zwój gaśnikowy  $S_2$ . Skutkiem tego zostaje łuk podzielony na dwie części i wydmuchnięty



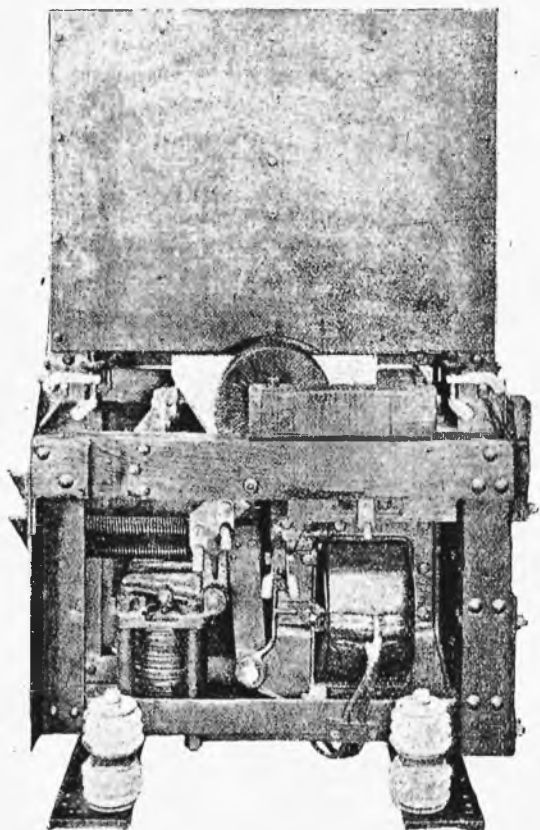
Rys. 9.

między różkami  $H_1$  i  $H_3$  z jednej, a  $H_2$  i  $H_4$  z drugiej strony. Zwój  $S_1$  nawinięty jest na rdzeń żelazny  $F_3$ , do którego są przymocowane szerokie płyty biegunowe  $F_4$  i  $F_5$ .

Wyłącznik można włączać albo ręcznie przy pomocy dźwigni  $L_1$   $L_2$ , albo elektromagnetycznie przez solenoid  $S_3$ . Opór  $R_2$  służy do regulowania wyłącznika na żądane natężenie prądu. Siła sprężyn wynosi np. dla wyłącznika 2500 amp. około 360 kg.; dla utrzymania kotwicy przy prądzie głównym 0 wystarcza 0,17 amp. w uzwojeniu  $S_1$ , przy 2000 amp. 0,7 amp., 2500 amp. 0,9 amp. i t. d.

Po wyłączeniu wyłącznika zostaje włączony w obwód opór  $R_1$ , który doprowadza prąd do dozwolonej normy. Liczne próby wykazały, że przy krótkim zwarciu w bezpośrednim sąsiedztwie prądnic prąd wracał do normy po upływie już 0,015 sek.

Na rys. 10-tym widzimy taki wyłącznik ze zdjętą pokrywą.



Rys. 10.

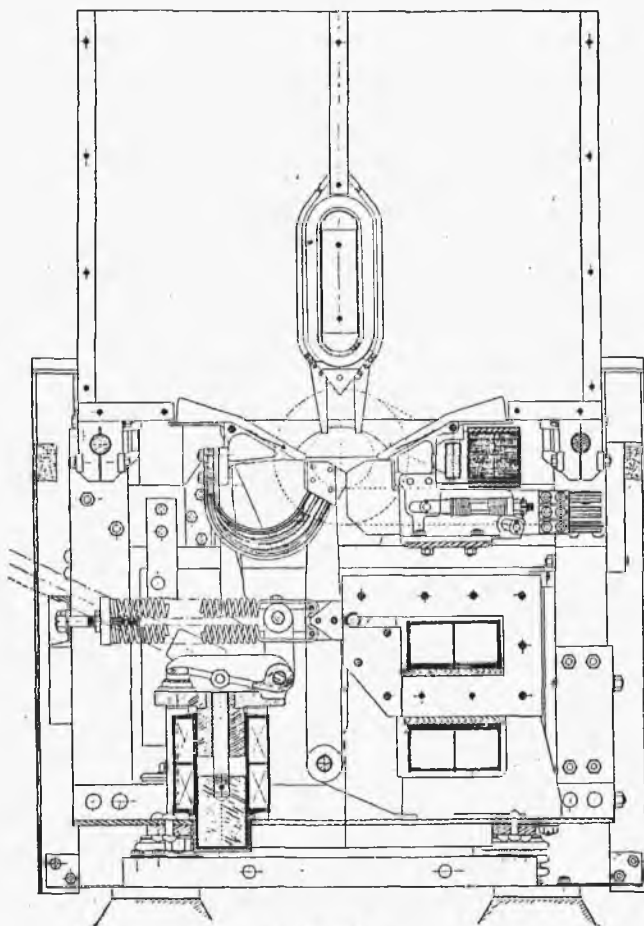
Rys. 11-ty pokazuje przekrój wyłącznika.

Drugi sposób niedopuszczenia do powstania ognia na kolektorze polega, jak widzieliśmy, na zastosowaniu odpowiednich przegródek między szczotkami.

Oprócz przegródek radialnych umieszcza się jeszcze tarcze na obu końcach kolektora tak, że szczotki są zamknięte w rodzaju pudełka z materiału ogniotrwałego. Końcowe tarcze nie pozwalają na wydmuchnięcie łuku na zewnątrz i przerzucenie go tą drogą na sąsiednią szczotkę. Ścianki radialne umieszczone są w wysokości około 1 mm.

nad kolektorem i mają u dołu bloczki z masy izolującej i ogniotrwałej w kształcie litery V, zwrócone ostrzem przeciw kierunkowi obrotu. Nad tymi bloczkami umieszczone są dwie siatki miedziane, pierwsza o większych, a druga o mniejszych oczkach. Ostrza bloczków podchwytyją łuk powstający na kolektorze i skierowują go ku górze na siatki, które przepuszczając gazy, chłodzą je energicznie.

Liczne próby pokazały, że tego rodzaju dobrze urządzone przegródki chronią zupełnie od ognia przy normalnych przeciążeniach i zwar-

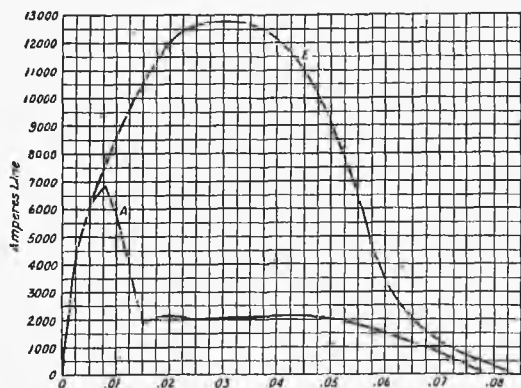


Rys. 11.

ciach; tylko w razie wyjątkowo gwałtownych zwarć może powstać ogień na kolektorze, przyczem łuk przesuwają się pod przegródkami.

Działanie wyłącznika uwidocznione jest na rys. 12-tym, przedstawiającym krótkie zwarcie przetwornicy 2000 kw. 3000 voltów, ochro-

nionej przez extra szybki wyłącznik. Dla zupełnego zabezpieczenia stosowane bywają łącznie oba sposoby, a zatem przegródki, które w naj-



Rys. 12.

A — natężenie prądu przy wyłączniku extra-szybkim  
 B — " " " " " zwykłym

guszym wypadku opóźniają powstanie ognia, i wyłączniki, które przerywają prąd zanim łuk powstać może.

Jak to widzieliśmy z poprzedniego opisu, nie przerywają właściwie extra-szybkie wyłączniki prądu, ale ograniczają go do pewnego, dozwolonego natężenia, włączając w obwód odpowiednio dobrany opornik. W razie trwania tego prądu przerywają obwód zupełnie dopiero normalne wyłączniki, nastawione na większy prąd.

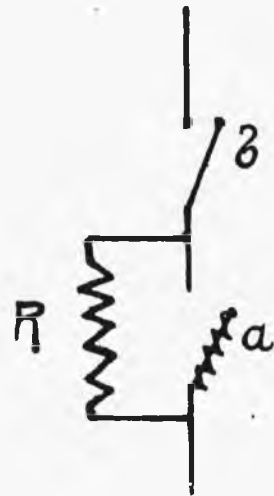
Rozwijając dalej tę myśl, zastosowano w Ameryce takie opory, ograniczające natężenie prądu, i do zwykłych wyłączników, zabezpieczających np. przewody zasilające.

W ogromnej większości wypadków bywają wyskaknięcia wyłączników spowodowane nie rzeczywistymi uszkodzeniami sieci czy wagonów, ale chwilowymi przeciążeniami, powstającymi np. skutkiem przypadkowego skupienia pociągów w jednej dzielnicy, równoczesnego ich ruszania, zbyt szybkiego włączania motorów i t. p. Otóż zupełne odłączenie takiej chwilowo przeciążonej dzielnicy jest nietylko zbyteczne, ale wprost szkodliwe. Wyłącznik musi być znowu włączony, a przeciążenie nietylko nie ustaje, ale często powtarza się z większą jeszcze siłą, gdyż tymczasem do zagrożonej dzielnicy napłynęło zwykle jeszcze więcej wagonów. Natomiast włączenie odpowiedniego oporu redukuje prąd do nieszkodliwego natężenia i pozwala wagonom wyjść z danej dzielnicy do mniej obciążonych sąsiednich dzielnic. Jeżeli przeciążenie spowodowane było zbyt szybkim ruszaniem któregoś pociągu, to włączony opór działa tak, jakby motorniczy włączał motory prawidłowo, t. j. zwalnia to zbyt gwałtowne ruszanie.

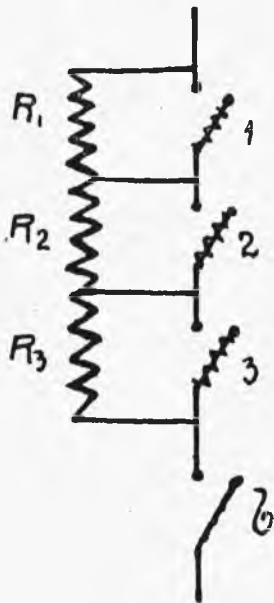
Oprócz wyłącznika samoczynnego *a* rys. 13-ty, włączony jest w przewód zasilający wyłącznik *b*, na który działa przekaźnik.

Równoległe do wyłącznika *a* włączony jest opór *R* normalnie krótko zwarty przez wyłącznik *a*. Skoro jednak prąd przekroczy dozwoloną normę, to wyłącznik *a* wyskakuje nie przerywając jednak całego obwodu,

gdyż prąd ma wolną drogę przez opór  $R$  i wyłącznik  $b$ . Opór  $R$  jest tak obliczony, aby prąd nie mógł przekroczyć pewnego natężenia; jeżeli np. prąd nie ma przekroczyć 500 amp. przy 600 voltach, to  $R$  musi być  $= 1,2$  oma. Jeżeli wyskoczenie wyłącznika spowodowane było przypadkowym przeciążeniem, to prąd wraca po krótkiej chwili do normy; jeżeli jednak przyczyną było rzeczywiste uszkodzenie linii, a zatem krótkie zwarcie, to prąd nie zmniejsza się, lecz płynie dalej ograniczony tylko oporem  $R$ , który teraz nagrzewa się. Obok opornika umieszczony zostaje termostat. Pod wpływem zwiększającej się temperatury włącza ten termostat przekaźnik, działający na wyłącznik  $b$ . Przekaźnik wciąga swój rdzeń i temsamem odryglowuje wyłącznik  $b$  który wyskakuje przerywając całkowicie prąd i odłączając zagrożoną dzielnicę. Wyłącznik  $a$  włącza się samoczynnie po upływie pewnego czasu lub też tylko po zmniejszeniu się prądu do określonej normy. Da się to łatwo osiągnąć przez włączenie odpowiedniej cewki w obwód opornika  $R$ . Tam, gdzie idzie o znaczniejsze natężenia prądu, włącza się czasami kilka oporników, n. p. 3, zmniejszających stopniowo natężenie prądu, rys. 14-ty.



Rys. 13.



Rys. 14.

Tak n. p. możnaby przy 1200 voltach i 1200 amp. zastosować trzy oporniki po 0,333 oma każdy. Wyłącznik jeden działa bez opóźnienia, wyskakuje więc w razie przeciążenia pierwszy, włączając w obwód 0,333 oma. Wyłącznik 2 ma pewne opóźnienie, n. p. 30 sek.; jeżeli więc prąd się nie zmniejszy, to wyskakuje ten drugi wyłącznik, włączając dalsze 0,333 oma, a jeżeli prąd trwa dalej, to po upływie znowu n. p. 30 sek. wyskakuje wyłącznik 3, włączając znowu 0,333 oma, ogółem więc 1 om. Jeżeli prąd trwa dalej, to działa termostat i powoduje wyskoczenie wyłącznika  $b$ , który prąd zupełnie przerywa.

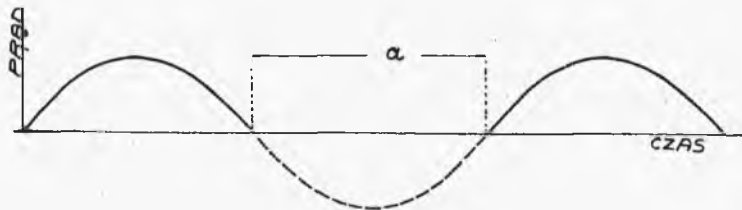
Urządzenie takie wymaga wprawdzie większej ilości wyłączników, natomiast jednak są te wyłączniki znacznie mniejsze, nie potrzebują bowiem być obliczone na całkowity prąd krótkiego zwarcia, a tylko na prąd odpowiadający oporowi  $R$ .

**3. Prostowniki.** Prostowniki rtęciowe, do niedawna stosowane tylko przy urządzeniach o bardzo nieznacznej mocy, n. p. dla zasilania lamp łukowych, zostały w ostatnich czasach tak dalece ulepszone, że zaczynają obecnie być coraz częściej stosowane do urządzeń o znacznie większej mocy, n. p. do podstacji tramwajowych i kolejowych.

Tow. Akc. Browni i Boveri n. p. zbudowało już sporo takich prostowników dla mocy do 1200 kw. i napięć do 1200 voltów, opracowuje zaś typy większe tak, że zwiększenie mocy i napięcia jest już tylko kwestją czasu i będzie z pewnością w najbliższej przyszłości rozwiązane.

Głównymi zaletami prostowników rtęciowych jest to, że nie mając żadnych części ruchomych nie wymagają prawie żadnej obsługi i mają nadzwyczaj wysoki współczynnik sprawności, prawie niezależny od obciążenia. Ponieważ moc ich ograniczona jest tylko nagrzewaniem się biegunów, przeto znoszą one bez szkody ogromne chwilowe przeciążenia, co jest, zwłaszcza dla trakcji, bardzo ważne.

Zasada prostowników rtęciowych polega, jak wiadomo, na tem, że łuk elektryczny, powstały w próżni względnie bardzo rozrzedzonym powietrzu, pomiędzy dodatnią anodą metalową a ujemną katodą rtęciową przepuszcza prąd tylko w jednym kierunku, a mianowicie od anody do katody, czyli działa jak wentyl. Przy prądzie więc zmiennym jednofazowym otrzymalibyśmy za prostownikiem prąd przerywany, rys. 15-ty.



Rys. 15.

Energja oczywiście w czasie  $a$  zniszczona nie zostaje; tylko prąd w tym czasie nie płynie, źródło zaś prądu zmiennego pracuje bez obciążenia.

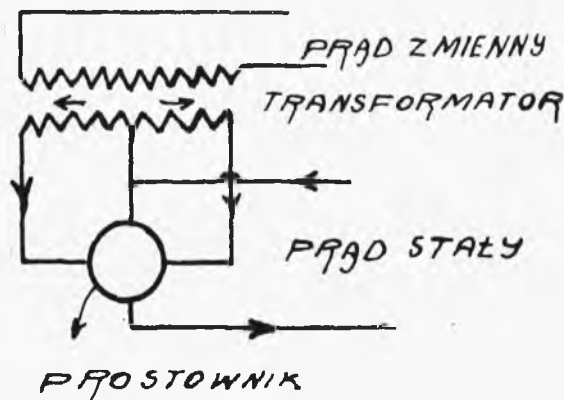
Dzieląc uzwojenie wtórne transformatora zasilającego na dwie części i łącząc zaciski zewnętrzne z prostownikiem, a wewnętrzny z obwodem prądu stałego, rys. 16-ty, otrzymujemy prąd wyprostowany, rys. 17-ty, gdzie  $a = 0$ .

Prostownik przepuszcza tylko kolejno prąd, płynący ku zaciskom zewnętrznym, zatrzymując prąd przeciwny.

Włączając dławik w obwód prądu wyprostowanego, powodujemy zachodzenie krzywych prądu jedna na drugą tak, że prąd nie spada nigdy do 0, otrzymujemy więc prąd prawie stały o małych tylko wahanach.

Jeszcze lepiej przedstawia się rzecz przy zastosowaniu prądu trójfazowego w połączeniu sześćo-fazowym; otrzymuje się wtedy prąd praktycznie zupełnie stały.

Obliczenie stosunku napięć prądu zmiennego do stałego oraz natężenia prądów wymaga dość skomplikowanych obliczeń, których podawanie wychodziłoby poza ramy niniejszego dzieła. Dla prądu stałego n. p. 230 voltów potrzeba około 218 voltów prądu zmiennego; prąd w każdej fazie równy jest teoretycznie natężeniu prądu stałego, podzielonemu



Rys. 16.

przez pierwiastek z liczby faz, praktycznie zaś jest nieco mniejsze. Tak n. p. należy dzielić natężenie prądu stałego przy połączeniu sześćo-fazowym nie przez  $\sqrt{6} = 2,45$ , ale przez 2,8 — 3. Transformator musi mieć moc 1,5 raza większą, jak moc po stronie prądu stałego.



Rys. 17.

Strata napięcia w prostowniku składa się z 3-ch części, mianowicie: straty w anodzie — około 6,5 voltów, straty w katodzie — około 5,5 voltów, oraz straty w łuku świetlnym. Pierwsze dwie straty, wynoszące ogółem 12 voltów, są niezależne od natężenia prądu.

Strata napięcia na centymetr długości łuku, t. zw. „gradient potencjału”, zależna jest od natężenia prądu, przekroju słupa świetlnego i ciśnienia gazu. W wielkich prostownikach o dobrej próżni wynosi ona około 0,1 volt/cent.

Przebieg straty napięcia, w zależności od natężenia prądu, jest bardzo płaski, praktycznie jest ta strata stała; niekiedy jednak zmniej-

sza się ona z rosnącym prądem. Taki przebieg bywa zwany „charakterystyką ujemną“ i jest bardzo niepożądany, gdyż uniemożliwia pracę równoległą prostowników. Przypadkowo więcej obciążony prostownik przejąłby skutkiem tego całe obciążenie na siebie.

Dla zapobieżenia więc powstawaniu charakterystyki ujemnej włączane bywają w obwód małe opory lub cewki dławikowe, które zamieniają taką charakterystykę na dodatnią.

Niezbędnym warunkiem prawidłowego działania prostowników jest utrzymanie w nich dostatecznej próżni, gdyż przy zbyt wielkiem ciśnieniu gazu prostowniki mają tendencję do t. zw. „odwrotnego zapalania“, czyli przepuszczania prądu w obu kierunkach. Odwrotne zapalenie może być pozatem wywołane osiadaniami kropelek rtęci na anodzie, działaniem promieni ultra-fioletowych, zbyt wysoką temperaturą, gwałtownym skokiem napięcia i t. p. Zapobiega się temu przez odpowiednią budowę prostowników i staranne ich chłodzenie.

Dla prawidłowego działania prostownika ciśnienie powinno wynosić około 0,01 mm. rtęci. Do osiągnięcia tak małych ciśnień służą specjalne pompy, zwykle dwie, jedna zwykła (n. p. rotacyjna) i druga rtęciowa, polegająca na ssącym działaniu pary rtęciowej.

Dla uruchomienia prostownika, a zatem zapalenia łuku, niezbędny jest prąd stały; wszelkie próby zapalania indukcyjnego lub prądem zmiennym nie dały dotychczas pomyślnych wyników. Prąd ten stały — 110 voltów 5 amp. — otrzymuje się jużto z małej baterji akumulatorów, jużto z małej przetwornicy.

Prostowniki, pracujące przy zmiennem obciążeniu, mogłyby wygasnąć przy zbyt niem jego zmniejszeniu się; tembardziej może się to zdarzyć przy trakcji, gdzie obciążenie może łatwo spaść do 0. W takim wypadku należałoby prostownik na nowo uruchamiać. Dla zapobieżenia temu zaopatruje się takie prostowniki w małe dodatkowe anody, które utrzymują łuk niezależnie od obciążenia obwodu głównego; wystarcza na to jakie 5 amp. przy 30 voltach.

Wobec wydobywania się gazów ze ścianek prostownika, niedość jest raz wypompować należycie powietrze; pompy stanowią nieodzowną część prostowników i muszą początkowo działać stale. Dopiero po jakich 2—3 miesiącach normalnej pracy można się bez nich obejść, uruchamiając je tylko w razie potrzeby, n. p. po kilkudniowych przerwach w pracy prostownika.

Co do chłodzenia, to uskutecznia się je najlepiej wodą; na 500 amp. należy odprowadzić około 2,4 kalorii na sekundę.

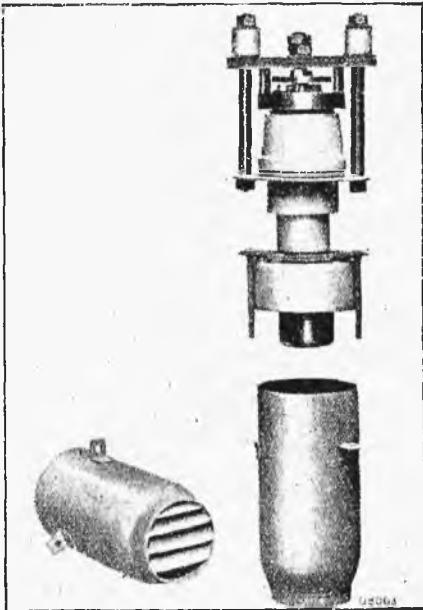
Normalna podstacja z prostownikami składa się więc, oprócz właściwych prostowników wraz z tablicą rozdzielczą, jeszcze z transformatora o mocy 40—50% większej, jak obciążenie prostownika, dodatko-



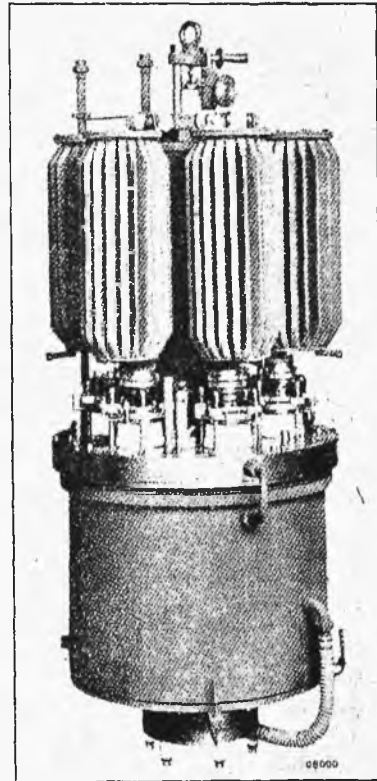
wego dławika (n. p. dla 500 amp. odpowiada taki dławik co do wielkości transformatorowi na 16 kw.), urządzenia pomp, źródła prądu stałego, baterji akumulatorów lub małej przetwornicy, oraz urządzenia dla chłodzenia.

Główną przeszkodą w budowie wielkich prostowników było do niedawna to, że nie umiano robić naczyń prostowników innych, jak szklane, szklane zaś prostowniki były przy większych rozmiarach zbyt kruche i delikatne. Dopiero kiedy udało się Tow. Akc. Brown i Boveri wykonać dostatecznie pewne uszczelnienie, polegające na kombinacji azbestu i rtęci, można było przystąpić do budowy prostowników żelaznych, jedynie dziś używanych dla większych mocy.

Wysokość napięcia w granicach 110—800 voltów nie zmienia wewnętrznej konstrukcji prostowników, rozmiary więc ich określa tylko natężenie prądu. Wobec tego redukuje się oczywiście ilość różnych typów do kilku normalnych dla różnych natężeń prądu. Katody są zawsze chłodzone wodą, natomiast anody mniejszych modeli nie posiadają żadnego sztucznego chłodzenia. Taką anodę prostownika Brown i Boveri, typu G. 3/6, dla 250 amp., widzimy na rys. 18-tym. Model większy, 500 amp., z chłodzeniem anod, widzimy na rys. 19-tym.



Rys. 18.



Rys. 19.

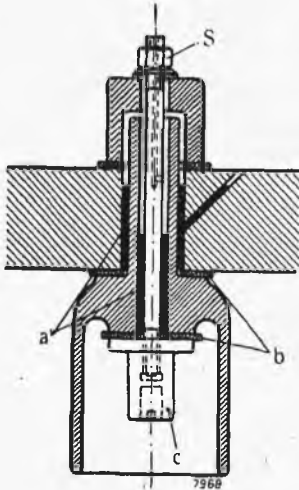
Anody w liczbie 6-ciu zamknięte są w masywnych cylindrach żelaznych o średnicy 70—110 mm. i takiejże wysokości; cylindry wstawione są w zewnętrzne naczynia żeberkowane, przez które przepływa woda.

Sposób uszczelnienia elektrod przy pomocy rtęci uwidoczniiony jest na rys. 20-ym. Pakunki azbestowe „b” zostają tak silnie ściśnięte przy pomocy naśrubka „S”, że zewnętrzne ciśnienie atmosferyczne nie może wtłoczyć rtęci do wnętrza prostownika.

Rtęć ta przylega tak szczelnie do ścianek, że uniemożliwia wszelkie wciśnięcie się powietrza. W ten sposób uszczelnia się wszelkie inne połączenia w naczyniach prostowników. Do zapalania służy urządzenie, uwidocznione szematycznie na rys. 21-szym.

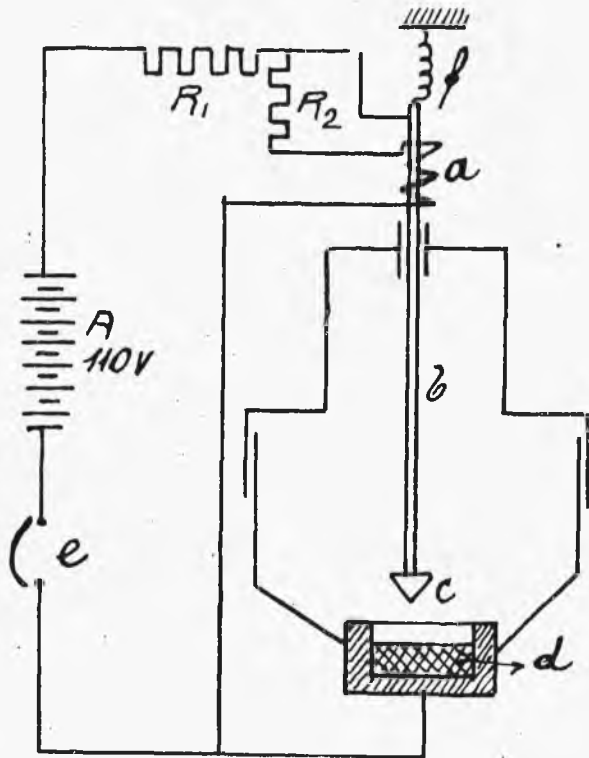
Na wierzchniej pokrywie prostownika umieszczony jest solenoid „a”, z którego rdzeniem połączony jest 3 mm. drut stalowy „b”, przeprowadzony przez pokrywę do wnętrza i zakończony małą anodą „c”. Anoda ta znajduje się normalnie około 10 mm. nad katodą „d”.

Za naciśnięciem guziczka „e” przepływa prąd



Rys. 20.

a — rtęć, b — azbest, c — anoda.



Rys. 21.

z baterji „A” przez uzwojenie solenoidu, który wciąga swój rdzeń, przewyciężając siłę sprężyny „f”; drut „b” opuszcza się skutkiem tego niżej, a anoda „c” styka się z katodą „d”.

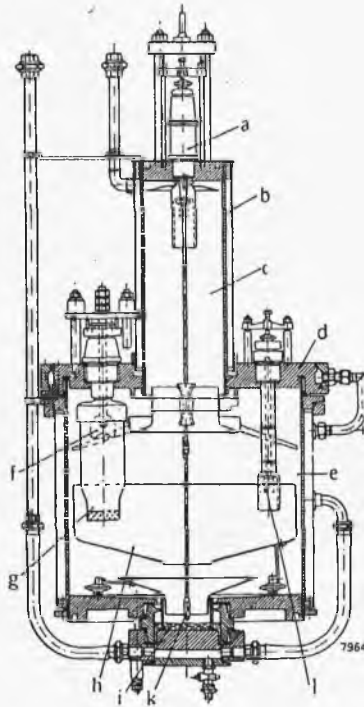
Z chwilą jednak zetknięcia się „c” z „d” ma prąd bezpośrednią drogę, omijającą uzwojenie „a” tak, że sprężyna „f” odrywa „c” od „d”, przez co zapala łuk. „R<sub>1</sub>” i „R<sub>2</sub>” są oporami dodatkowymi.

Zasadniczą budowę prostownika widzimy na rys. 22-im.

Prostownik dla 250 amp. waży około 700 kg., większy, dla 500 amp. około 1150 kg. Napięcia ponad 800 voltów wymagają już innych konstrukcji.

Urządzenie 4 prostowników po 500 amp. widzimy na rys. 23-im.

Dławiki umieszczone są tu w cokole prostowników; same prostowniki ustawia się na izolatorach, gdyż korpus prostownika ma względem



- a* solenoid zapalający
- b* płaszcz chłodzący
- c* cylinder chłodzący
- d* płyta anodowa
- e* cylinder roboczy
- f* anoda główna
- g* pokrywa anody
- h* zbieracz łuku
- i* katoda
- k* anoda zapalająca
- l* anoda wzbudzająca

Rys. 22.

ziemi potencjał prawie równy potencjałowi katody. Na rys. 23-im widać też zbiornik dla wody nad prostownikami.

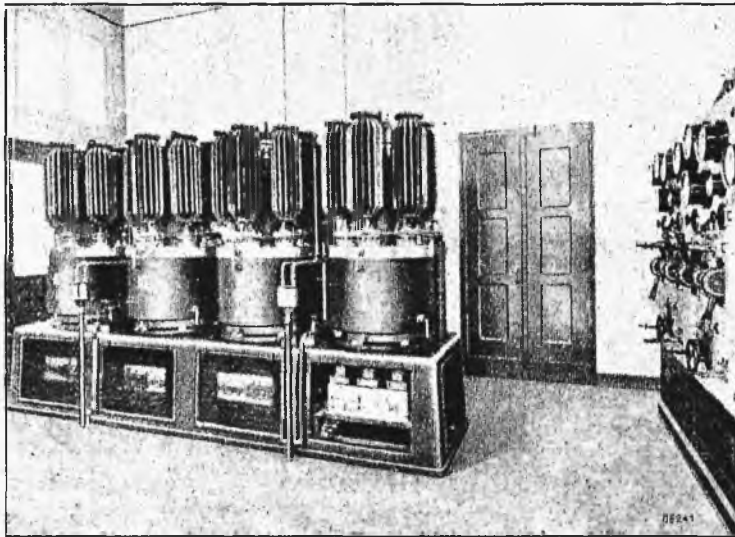
Regulowanie napięcia możliwe jest przy zastosowaniu prostowników naturalnie tylko po stronie prądu zmiennego, n. p. przy pomocy odpowiednich odgałęzień w uzwojeniu wtórnym transformatora, lub zastosowanie dodatkowych transformatorów obrotowych.

Uruchomienie prostownika wymaga początkowo, lub po dłuższych przerwach, około 5 — 10 minut, później jednak zaledwie parę sekund;

obsługa jest minimalną. Prostowniki pracują doskonale w połączeniu równoległym tak z innymi prostownikami, jak i ze wszelkiego rodzaju przetwornicami.

Jak to już zaznaczono, jest sprawność prostowników bardzo wysoka. Straty napięcia powstające w prostowniku są niezależne od napięcia i prawie niezależne od prądu, sprawność jest więc tem wyższa, im wyższe jest napięcie i większa moc prostownika. Straty w dławiku oraz rozchód energii na wzbudzanie, regulację i napęd pomp nie przewyższają razem wzięte około 0,8%. Ogólna sprawność całego prostownika bez transformatora wynosi przy napięciu 1000 voltów do 98%. Spółczynnik mocy jest też bardzo wysoki wobec małej samoindukcji i wynosi zwykle 0,95 — 0,97.

Na rys. 24-ym widzimy wykres prostownika o mocy 750 Kw. i napięciu 580 voltów ustawionego w elektrowni Monbijou w Bernie. Licząc



Rys. 23.

od góry wykres pierwszy zdjęty jest dla jednego, drugi dwu, trzeci trzech cylindrów.

Jak widać z tych wykresów, sprawność waha się tylko od 0,92 przy 200 amp. t. j. 15% obciążenia do 0,955% przy pełnym obciążeniu.

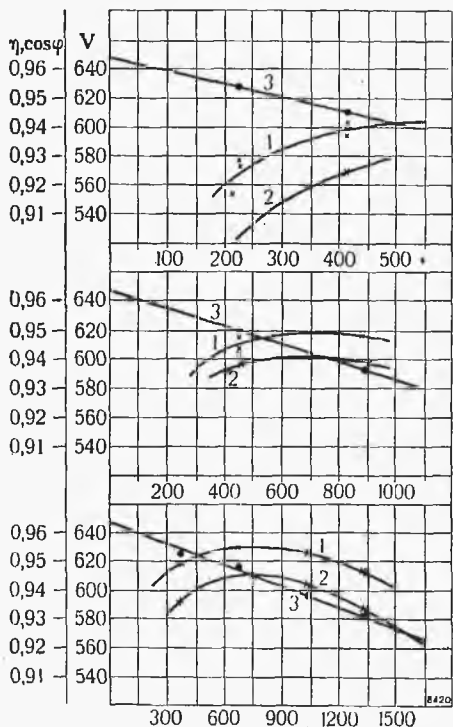
Rys. 25-ty wreszcie uwidocznia przebieg sprawności 225 kilowattowego prostownika (800 voltów) w porównaniu ze sprawnością odpowiedniej mocy przetwornic jedno i dwu-tworńnikowych.

**4. Podstacje automatyczne.** Bardzo poważną rubrykę w wydatkach eksploatacyjnych tramwajów, a głównie kolei podmiejskich, sta-

nowią płace pracowników zajętych na podstacjach. Wobec trwania ruchu 17 — 19 godzin na dobę musi każda podstacja mieć dwu, zwykle zaś 3 pracowników, których praca jest w dobrze urządzonych podstacjach minimalna, i polega poza uruchomieniem przetwornic prawie jedynie na dozorowaniu samoczynnych wyłączników i włączaniu ich

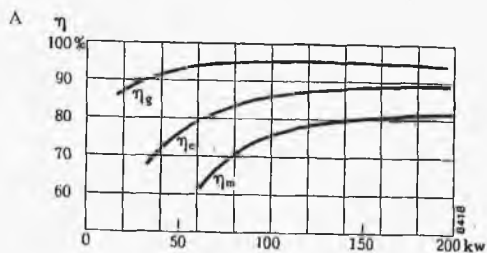
w razie wyskoczenia. Opisane już oporniki włączone w przewody zasilające doprowadziły i tę czynność do minimum i pozwoliły na zastosowanie samoczynnych podstacji, pracujących bez żadnej obsługi lub stałego dozoru.

Przy liniach o względnie rzadkim ruchu, n. p. co godzina lub mniej, należy się zawsze starać zasilac jedną podstacją możliwie długi odcinek linii i to niezależnie nawet od kosztu podstacji oraz wielkości powstających strat.



Rys. 24.

- 1 krzywa sprawności
- 2 "  $\cos \varphi$
- 3 strata napięcia



Rys. 25.

prostownik, przetwornica jednotwornikowa, motor-generator.

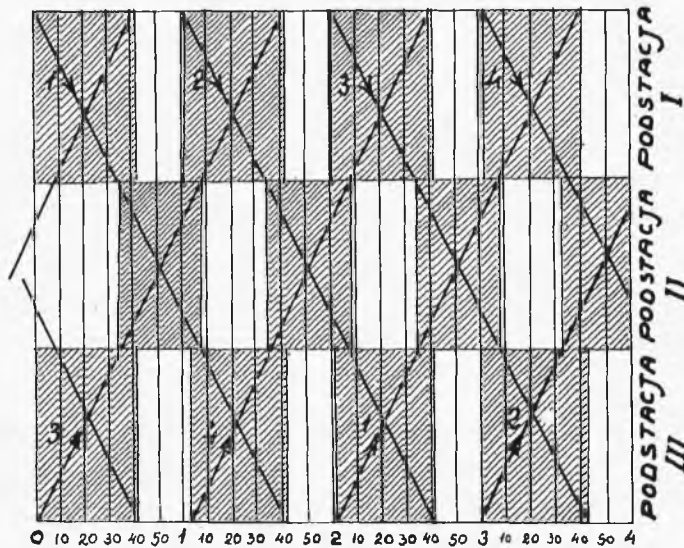
Podstacje, zasilające krótkie odcinki linii, pracowałyby z konieczności nader nierównomiernie, co powodowałoby wielkie straty przy biegu luzem; im dłuższy jest odcinek zasilany z jednej podstacji, tem lepiej wyrównują się obciążenia, a temsamem zmniejszają straty. Rzadkie jednak podstacje wymagają ciężkich i drogich przewodów zasilających lub też dopuszczenia wielkich strat w nich. Postać rzeczy zmienia się jednak zupełnie przy zastosowaniu podstacji samoczynnych. Przetwornice na takich podstacjach zostają samoczynnie włączone tylko w razie dostatecznego zapotrzebowania energii i wyłączają się również samoczynnie skoro tylko zapotrzebowanie to się zmniejszy.

Straty na bieg jałowy zostają przeto zredukowane do minimum, a ponieważ niema i kosztów obsługi, przeto można podstacje rozmieścić racjonalnie tak, aby ich koszt wraz z kosztem przewodów stanowił rzeczywiste minimum w danych warunkach.

Jakimi mogą być straty na bieg jałowy, względnie jakie oszczędności dać może zastosowanie samoczynnych podstacji, najlepiej określi przykład.

Na linii podmiejskiej o długości 50 km. chodzić mają pociągi co godzinę; średnia prędkość wynosi 30 km/g, linja zasilana jest z trzech podstacji.

Zakładając, że każda podstacja zasila pociąg do połowy odległości między podstacjami, widzimy na rozkładzie jazdy, rys. 26-ty, że:



Rys. 26.

podstacja 1 w przeciągu 2 godzin jest obciążona 80 minut, idzie zaś biegiem jałowym, względnie z bardzo małym obciążeniem 40 minut;

podstacja 2 obciążoną jest 60 minut, idzie bez obciążenia także 60 minut;

podstacja 3 jest obciążona 80 minut, idzie bez obciążenia 40 minut.

Ogółem więc będą podstacje obciążone 220 minut i szły bez obciążenia 140 minut. Jeżeli każda podstacja oddaje w czasie obciążenia średnio  $A$  kilowatów, a straty biegu luzem wynoszą 5%, to podstacje oddadzą  $220 \cdot A$  kilowatt-minut, straty zaś biegu luzem wyniosą:

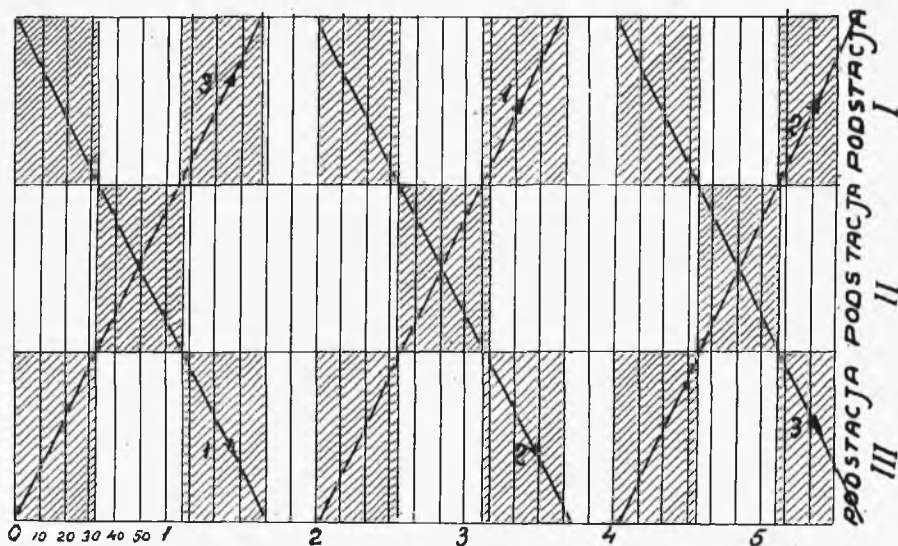
Jeżeli ruch trwa n. p. 18 g. 40 min. na dobę, to z rozkładu jazdy rys. 26-ty widzimy, że każdy z 4 pociągów zrobi po 4 całkowite kursy, ogółem więc:

$$2 \cdot 50 \cdot 4 \cdot 4 = 1600 \text{ pociągo-kilometrów na dobę.}$$

Jeżeli dalej każdy pociąg waży n. p. 60 ton, a zużycie energii wynosi 35 wt/g na tn/km., to pociągi zużyją ogółem:

$$\frac{1600 \cdot 60 \cdot 35}{1000} = 3360 \text{ kw/g.}$$

Pociąg podmiejski o wadze 60 ton zużywa przy ruszaniu około 140 kw., a że każda podstacja zasilac musi równocześnie 2 pociągi, to moc jej musi wynosić conajmniej 250 kw. Zakładając, że bieg jałowy zużywa 5%, wyniosą straty na bieg jałowy:



Rys. 27.

$140 \cdot 250 \cdot 0,05 = 1750 \text{ kw/min.}$  na dwie godziny, a na 18 g. 40 min. czyli 1120 minut:

$$\frac{1750 \cdot 1120}{120 \cdot 60} = 257 \text{ kw/g., czyli } = \frac{257}{3360} = 7,7\%.$$

Przy ruchu co 2 godziny, rys. 27-my otrzymamy:  
podstacja 1 na dwie godziny: 66 min. obciążenie 54 min. bieg jałowy

"	2	"	"	"	34	"	"	86	"	"	"
"	3	"	"	"	66	"	"	54	"	"	"

166 min. obciążenia 194 min. bieg jałowy.

Pociągi zrobią ogółem 800 pociągo-kilom., zużycie energii wyniesie 1180 kw/g. Podstacja 2 musi mieć moc taką samą, jak w poprzednim przykładzie, t. j. 250 kw., podstacje zaś 1 i 3 mniejszą, gdyż zasilają tylko jeden pociąg, około 130 kw.

Straty biegu luzem wyniosą więc:

54 . 130 . 0,05	351 kw/min.
86 . 250 . 0,05	1075    "
54 . 130 . 0,05	<u>351       "</u>

1777 kw/min. na dwie godziny, a w przeciągu 18 g. 40 min. 277 kw/g. czyli:

$$\frac{277}{1180} = 23,4\%$$

W pierwszym więc wypadku zastosowanie podstacji samoczynnych dałoby około 7,7%, a w drugim 23% oszczędności energii. Oszczędność jest więc tem większa, im rzadszy jest ruch.

Widzimy z tego, że głównem polem zastosowania samoczynnych podstacji są przedewszystkiem koleje dojazdowe, podmiejskie i między-miastowe o względnie rzadkim ruchu i umiarkowanych napięciach, a w drugim rzędzie dopiero tramwaje o gęstym i równomiernym ruchu. Co do kolei głównych, to przedewszystkiem mamy tu do czynienia zwykle z wyższem napięciem i większą odległością podstacji tak, że koszt obsługi gra tu mniejszą rolę, a dozór, choćby dorywczy, jest zawsze potrzebny.

Samoczynne podstacje są wynalazkiem zupełnie nowym, już z czasów wojny. Pierwsze zostały zbudowane w Ameryce przez General Electric Company i znalazły tam odrazu szerokie zastosowanie tak, że już w roku 1919 pracowało ich na obszarze Stanów Zjednoczonych przeszło 50, liczba ich zaś szybko się zwiększała.

Uproszczony układ połączeń podstacji samoczynnej widzimy na rys. 28-ym.

Jeżeli na linii niema zapotrzebowania energii, to główny wyłącznik olejowy wysokiego napięcia 7 jest wyłączony, cała więc podstacja wraz z transformatorem jest od linii odłączona. Włączony pozostaje tylko mały transformator 11, zasilający specjalne szyny zbiorcze prądem jednofazowym o napięciu 250 voltów.

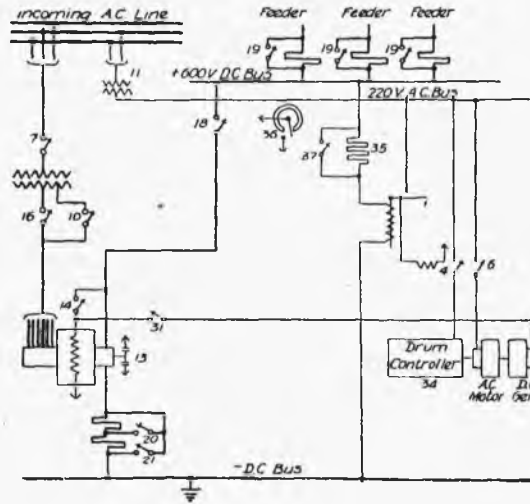
Przełącznik 37 jest zamknięty, opór 35 krótko zwarty. Skoro tylko jednak zapotrzebowanie prądu stałego zacznie się na linii zwiększać, rośnie również i strata napięcia, napięcie więc prądu stałego przy podstacji zmniejsza się; to samo następuje, jeżeli pociąg oddalając się od sąsiedniej podstacji, zbliża się do danej podstacji. Skutkiem tego obniżenia napięcia włącza voltomierz kontaktowy 1 przez szereg przełączni-



ków motorek prądu zmiennego w obwód 220 voltowy. Motorek ten porusza specjalny walcowy kontaktor. Dodatkowe przekaźniki zabezpieczają od mylnych połączeń, zbyt niskiego napięcia prądu zmiennego i t. p.

Kontaktor ma ogółem 9 położeń; w pierwszym zostaje włączony, zawsze w obwód 220 voltów, mały motorek poruszający główny wyłącznik olejowy; motorek ten włącza wyłącznik, a przez to przyłącza transformator główny do linii wysokiego napięcia.

Wtórne uzwojenie transformatora ma parę odgałęzień dających stopniowo coraz wyższe napięcia. Kontaktor, obracając się dalej przyłącza



Rys. 28.

w położeniu 2-gim przetwornicę przez przekaźnik 16 najpierw do niższego napięcia, a następnie w położeniu 3-ciem przez przekaźnik 10, do wyższego. Specjalny przekaźnik zatrzymuje teraz kontaktor w tym położeniu tak długo, aż przetwornica nie nabierze pełnej prędkości, blizkiej synchronizmu. Skoro to nastąpi, przechodzi kontaktor w położenie 4-te, włączając w obwód 220 voltowy małą przetwornicę, dającą prąd stały dla wzbudzenia przetwornicy głównej. W piątym położeniu kontaktora zostaje ta mała przetwornica odłączona i zatrzymana, a uzwojenia magnetyczne przetwornicy głównej przyłączone do obwodu głównego. W 6-tym położeniu przyłącza kontaktor normalnie już biegnącą przetwornicę do sieci prądu stałego, najpierw przez szereg oporów, wyłączając je stopniowo w położeniach 7-mem i 8-mem (przekaźniki 20 i 21).

Obciążenie przetwornicy zwiększa się stopniowo aż do wyłączenia wszystkich oporów; w położeniu wreszcie 9-tym kontaktor wyłącza poruszający go motor i sam wraca w położenie 0.

Skoro tylko przetwornica zacznie oddawać prąd do sieci, zostaje otwarty przekaźnik 37, który włącza w szereg z voltomierzem opór 35, co wywołuje sztucznie skutek „zbyt niskiego napięcia“ tak, że przetwornica zostaje utrzymana w ruchu.

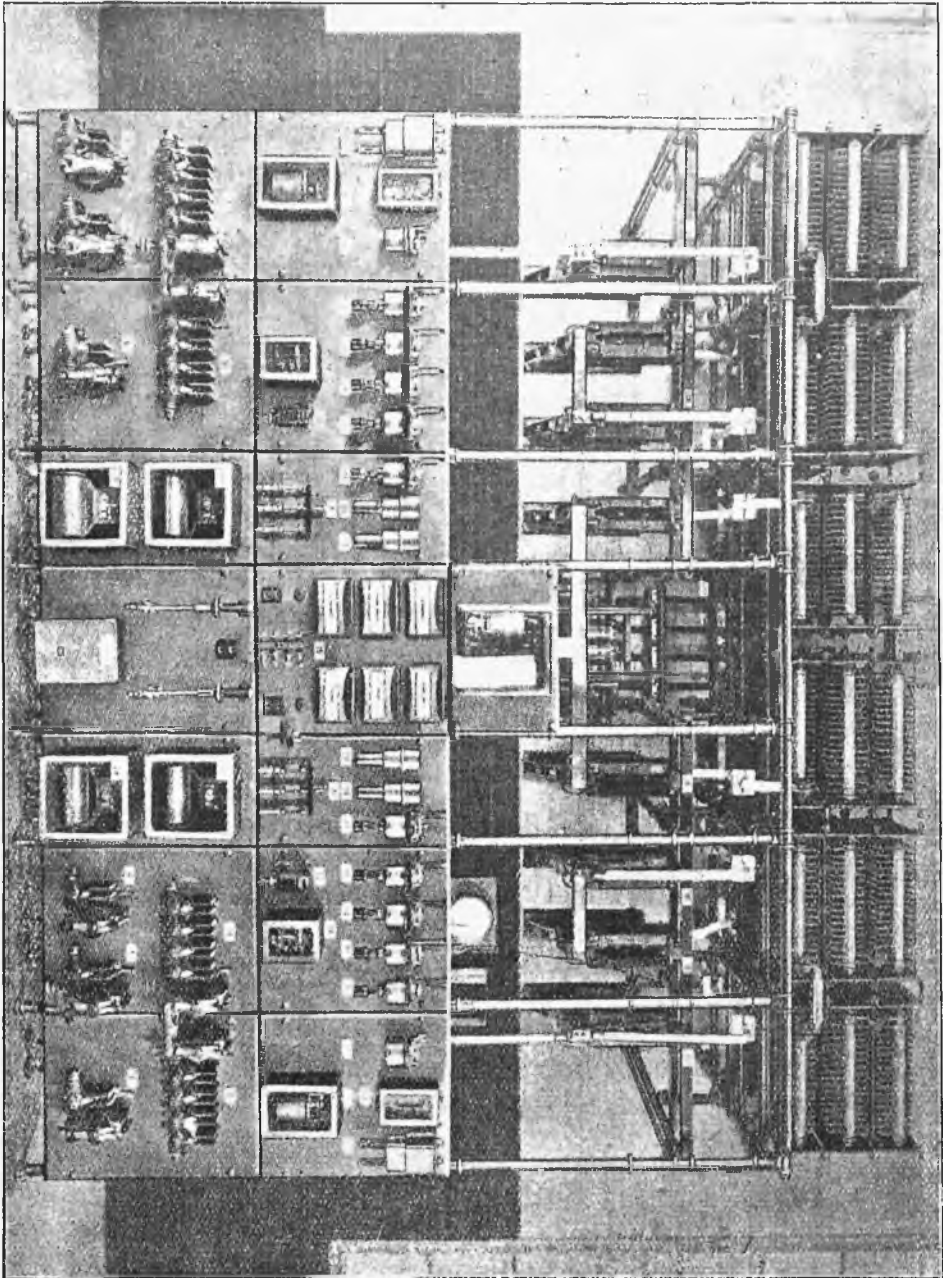
Jeżeli teraz zapotrzebowanie energii zmniejszy się poniżej pewnej granicy, to przekaźnik 37 zamyka się, zwierając na krótko opór 35 i wywołując skutek „wysokiego napięcia“. Voltomierz włącza przeciwny kontakt, przez co przetwornica zostaje od sieci odłączona, a wyłącznik olejowy 7 otwarty.

Jeżeli na podstacji jest kilka przetwornic, które mają pracować równolegle, to każda z nich zostaje zaopatrzona w wyżej opisane urządzenia, z tą tylko różnicą, że drugą przetwornicę włącza nie kontaktowy voltomierz, lecz amperomierz, który zamyka kontakty, jeżeli natężenie prądu pierwszej przetwornicy przekroczy pewną granicę, a odłącza drugą przetwornicę, jeżeli prąd jej zmniejszy się odpowiednio.

W przewody zasilające włączone są oporniki, normalnie krótko zwarte przez wyłącznik 19; w razie przeciążenia, czy krótkiego zwarcia wyłączają przekaźniki ten wyłącznik, wprowadzając opory w zagrożony obwód i zmniejszając temsamem prąd. Przekaźniki te wyłączają momentalnie; po zmniejszeniu się prądu włączają one wyłączniki 19 z powrotem, ale już z pewnym opóźnieniem, n. p. 6 sekund.

W ten sam sposób ochroniona jest od przeciążenia i przetwornica; wyłączniki 20 i 21 zostają kolejno otwarte, włączając stopniowo coraz większe opory. Odnośne przekaźniki wyłączają również momentalnie, włączają jednak z opóźnieniem nieco większym, n. p. 8 i 10 sek. Obok oporników umieszczone są termostaty, które, w razie zbytniego nagrzania się oporników, a zatem trwania anormalnego prądu, oswobadzają wyłącznik (na rys. 28-ym nie oznaczony) przerywający zupełnie prąd i odłączający przetwornicę. Po ostygnięciu oporników przerywają termostaty swe kontakty, a podstacja włącza się znowu w razie zapotrzebowania energii. Na większych podstacjach, na których kilka przetwornic pracuje równolegle zaopatruje się w takie wyłączniki poszczególne przewody zasilające. W razie przeciążenia nie zostają zatem odłączone przetwornice, lecz dany przewód zasilający. Przy takim urządzeniu nie włączają się jednak już te wyłączniki samoczynnie, lecz muszą każdorazowo być włączone ręcznie, gdyż wyłączenie przewodu wskazuje na rzeczywiste jego uszkodzenie, które musi być uprzednio usunięte.

Dalsze wreszcie zabezpieczenie stanowi przekaźnik, uruchamiający motorek wyłącznika olejowego. Przekaźnik ten włącza wyłącznik w razie zwarcia w transformatorze lub powstania ognia na kolektorze przetwornicy i jest tak urządzony, że wyłącznik olejowy może być po takim wyłączeniu włączony tylko ręcznie.

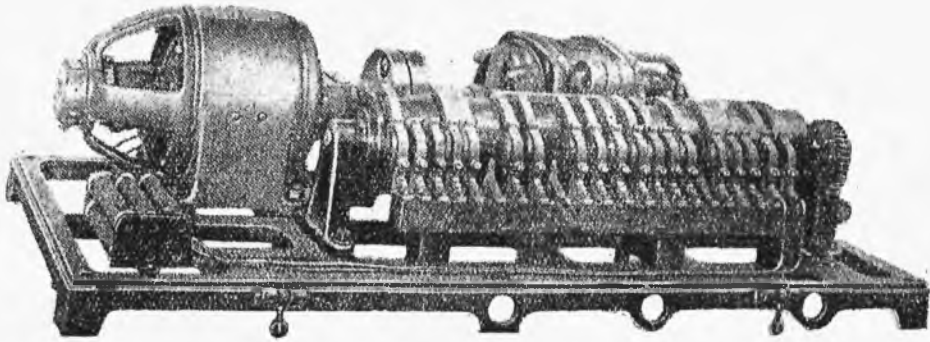


Rys. 29.

Oprócz wyżej opisanych znajduje się w samoczynnej podstacji jeszcze szereg innych przekaźników, ogółem 40, zabezpieczających od zbyt niskiego napięcia prądu zmiennego, zmniejszenia się tego napięcia w czasie pracy przetwornicy, zbyt dużego zwiększenia się prędkości przetwornicy, zagrzanania się łożysk, mylnych połączeń i t. d.

Wyżej opisane urządzenie dostosowane jest do podstacji z przetwornicami jednotwornikowymi. Z małymi jednak zmianami dadzą się one dostosować i do przetwornic dwutwornikowych tak z motorami asynchronicznymi, jak i synchronicznymi.

Największe dotychczas zbudowane podstacje mają moc 2000 kw. przy napięciu 1500 voltów prądu stałego. Dla wyższych napięć i więk-



Rys. 30.

szych mocy nie były one dotychczas budowane, nie widać jednak ku temu poważniejszych przeszkód.

Pomimo pewnej, pozornej zresztą komplikacji, pracują takie podstacje doskonale i bardzo pewnie, dając znaczne oszczędności tak obsługi, jak i energii.

Co do obsługi, to w normalnych warunkach i przy niezbyt wielkiej odległości podstacji, wystarczą dla dozoru jeden człowiek na 4 podstacje. Licząc więc tylko po dwu ludzi na dwie zmiany na podstację niesamoczynną, zastępuje jeden człowiek 16 ludzi.

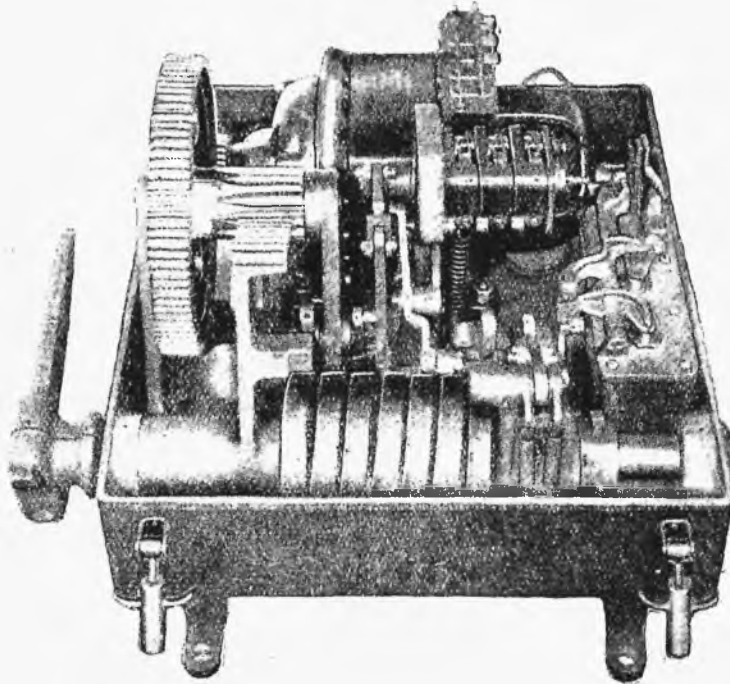
Tablicę rozdzielczą samoczynnej podstacji z dwoma przetwornicami widzimy na rys. 29-ym.

U góry tablicy widać oporniki, ograniczające prąd w razie przeciążenia.

Kontaktor, napędzany przez motorek, widzimy na rys. 30-ym, mechanizm, wyłączający wyłącznik olejowy, na rys. 31-ym.

**4. Samoczynne regulowanie zapotrzebowania energii.** Ogólnie znaną jest rzeczą, jak ważną rolę odgrywają w eksploatacji korzystne współczynniki obciążenia i wyzyskania elektrowni. Tymczasem elektro-

wnie dostarczające prąd dla trakcji, pracują przeważnie z dość niskim współczynnikiem wyzyskania, gdyż zapotrzebowanie energii podlega silnym chwilowym wahaniom, którym maszyny muszą sprostać, średnie zaś obciążenie bywa naogół znacznie mniejsze. Jeżeli ruch jest częsty, a pociągi niezbyt ciężkie, jak n. p. przy tramwajach, to chwilowe wahania wyrównywują się znacznie i otrzymuje się niezły współczynnik wyzyskania. Gorzej przedstawia się sprawa przy kolejach dojazdowych



Rys. 31.

z mniej częstymi i cięższymi pociągami, a najgorzej już przy kolejach magistralnych o nielicznych, ale bardzo ciężkich pociągach.

Bardzo ważnem jest więc możliwie podnieść ten współczynnik.

Dużo w tym kierunku można zrobić racjonalnem ułożeniem rozkładu jazdy; parę minut straty czasu nie gra zwykle większej roli, zwłaszcza przy ruchu towarowym, z długimi z konieczności postojami na stacjach. Można więc łatwo uniknąć równoczesnego ruszania kilku pociągów ze stacji, równoczesnej jazdy paru pociągów pod górę i t. p., co już samo przez się może znacznie zmniejszyć maksymalne obciążenie, a temsamem poprawić współczynnik wyzyskania. Dalej zawsze pożądanem jest, aby elektrownia wytwarzała prąd nie tylko dla kolei, lecz i dla innych przedsięwzięć z równomierniejszem obciążeniem.

Amerykanie poszli w tym kierunku jeszcze dalej; General Electric Company obmyśliło i zastosowało na kolei Chicago, Milwaukee and St. Paul system samoczynnego zmniejszania zbyt dużych chwilowych przeciążeń, który pracuje tam doskonale już od paru lat.

System ten polega na tem, że na podstawie doświadczeń określa się normalne maksymalne obciążenie na pewien okres czasu, n. p. miesiąc lub tydzień. Przekroczenia tego maximum mogą być spowodowane n. p. zbyt szybkim ruszaniem któregoś pociągu, przypadkowymi opóźnieniami, które powodują równoczesne ruszanie pociągów nieprzewidziane w rozkładzie jazdy i t. p. W takich wypadkach zmniejsza się samoczynnie napięcie robocze, co pociąga za sobą oczywiście zmniejszenie prądu i obciążenia; pociągi ruszają wolniej, zupełnie tak, jakby maszynista włączał należyście, że zaś przeciążenia takie są zawsze krótkotrwałe, przeto wszystko wraca do normy po krótkiej chwili, unika się zaś silnego skoku obciążenia, czyli polepsza współczynnik wyzyskania.

Tak n. p. wynosił współczynnik obciążenia na wyżej wspomnianej kolei Chicago, Milwaukee and St. Paul przed wprowadzeniem samoczynnego regulowania zaledwie 40%, a po jego wprowadzeniu podniósł się odrazu do 56,8% (średnia roczna) i podnosi się dalej tak, że dyrekcja kolei ma nadzieję osiągnąć niebawem wartość 75%.

Cały zelektryfikowany odcinek kolei, o długości 715 km., podzielony jest na dwie części. W środku, w Dear-Lodge, znajduje się biuro zawiadowcy ruchu (train dispatcher). Biuro to połączone jest telefonicznie ze wszystkimi stacjami, a pociągów nie odprawiają, jak w Europie, zawiadowcy stacji, lecz zawiadowca ruchu ze swego biura rozporządzeniem telefonicznem. Wzdłuż całej linii rozstawionych jest ogółem 15 podstacji, jedna z nich w Dear-Lodge i po 7 na prawym i lewym odcinku, ku Harlowton i Avery.

Na każdej podstacji znajduje się watomierz, którego wskazówka działa na małe oporniki, oraz kontaktujący amperomierz. W biurze zawiadowcy ruchu ustawione są dla każdej połowy małe, 2 kw., przetwornice, składające się każda z motoru trzyczonowego i sprzężonej z nim prądnicą prądu stałego z oddzielnem wzbudzeniem. Napięcie tych przetwornic daje się regulować w szerokich granicach, n. p. 800—1200 voltów, raz jednak ustalone, pozostaje stałym. Od tablicy rozdzielczej w biurze zawiadowcy ruchu wychodzą w każdą stronę dwa cienkie druty, które biegną wzdłuż linii aż do najdalszej podstacji. Druty te ułożone są na izolatorach, umocowanych na słupach, podtrzymujących sieć, i stanowią obwód, w który włączone są szeregowo watomierze, amperomierze i oporniki poszczególnych podstacji, a oprócz tego w biurze zawiadowcy mili-voltomierz z podziałką kilowatową i regulowany opornik. Obwody te przyłączone są do zacisków przetwornic.

Watomierze na podstacjach są tak urządzone, że w miarę zwiększania się obciążenia włączają w obwód coraz więcej oporów. W ten sposób opór całego obwodu kontrolującego składa się ze stałego oporu drutów, watomierzy i amperomierzy, oraz zmiennych oporów włączanych przez watomierze w miarę zwiększania się obciążenia, jest więc tem większy, im większe jest obciążenie danej połowy linii (t. j. 7-miu podstacji razem).

Amperomierze są tak wyregulowane, że zamykają swe kontakty skoro tylko prąd spadnie poniżej pewnej miary, w danym wypadku np. 0,237 amp. Zamknięcie kontaktu włącza mały motorek, który ze swej strony wprowadza opory w obwód wzbudzający prądnic głównych na podstacjach, a temsamem obniża napięcie na linii. Obniżenie napięcia powoduje oczywiście zmniejszenie obciążenia, skutkiem czego prąd w obwodzie kontrolującym wzrasta; amperomierze otwierają swe kontakty, motorki zostają zatrzymane, a opory w obwodach wzbudzających wyłączone, skutkiem czego napięcie znowu wzrasta i wszystko wraca do normy.

Regulowany opornik w biurze zawiadowcy ruchu służy do dokładnego regulowania oporu obwodu kontrolującego, kompensowania różnic w oporze drutów spowodowanych różnicami temperatury i t. d.

Maksymalne dopuszczalne obciążenie może nastawiać zawiadowca ruchu, regulując odpowiednio napięcie przetwornicy, gdyż każdemu napięciu odpowiada inne obciążenie, przy którym prąd spada poniżej 0,237 amp., a zatem napięcie zaczyna się obniżać; im wyższe jest napięcie przetwornicy, tem większe będzie dopuszczalne obciążenie.

Ponieważ natężenie prądu w obwodzie kontrolującym odpowiada każdorazowemu całkowitemu obciążeniu 7-miu podstacji razem wziętych, przeto wyżej wzmiankowany miliamperomierz na tablicy w biurze zawiadowcy pokazuje całkowite obciążenie danego odcinka (im mniejszy prąd, tem większe obciążenie).

Wyżej opisane urządzenie na kolei Chicago, Milwaukee and St. Paul jest pierwszym tego rodzaju, oczywiście więc jest, że możliwe są tu jeszcze liczne ulepszenia. Tak więc n. p. możnaby się prawdopodobnie obejść jednym tylko przewodem, używając szyn jako drugiego. Dalej możnaby włączyć dodatkowy zwój amperomierzy kontaktowych w obwód główny powrotny, t. j. w szyny. Skutkiem tego włączałyby amperomierz najbardziej obciążonej podstacji swój kontakt przed innemi, a nawet w razie zbytniego przeciążenia danej podstacji, niezależnie od innych tak, że dana podstacja obniżyłaby swe napięcie przed pozostałemi; spowodowałoby to przeniesienie obciążenia na sąsiednie, mniej obciążone podstacje. Dalej można dodatkowy ten zwój amperomierza urządzić tak, że amperomierz zostaje w razie bardzo słabego obciążenia

zupełnie wyłączony z obwodu kontrolującego; dana podstacja nie obniży więc swego napięcia nawet w razie nadmiernego wzrostu ogólnego obciążenia lecz przejmie znaczną jego część na siebie. Ulepszenia te zostały później rzeczywiście wprowadzone i wypróbowane na kolei Chicago, Milwaukee and St. Paul.

Całe urządzenie działa tak sprawnie i szybko, że jadąc na lokomotywach niepodobna wprost zauważyć chwilowych obniżeń napięcia, chyba, że się obserwuje voltomierz.

---



## C Z Ę Ś Ć VII.

### ROZDZIAŁ XV.

## Koleje magistralne czyli główne.

**1. Wstęp.** Dla elektryfikacji kolei głównych stosowany bywa, jak to już widzieliśmy, prąd trojakiemu rodzaju, a mianowicie: stały, zmienny trójfazowy i zmienny jednofazowy. Ameryka, która pierwsza przystąpiła do elektryfikacji kolei głównych, posługiwała się przytem jedynie wtedy dobrze znanym prądem stałym o napięciu około 600 voltów, przenosząc bezpośrednio konstrukcje wyprobowane przy tramwajach i kolejach dojazdowych na koleje i zwiększając tylko wymiary poszczególnych części stosownie do wymaganych większych mocy. Nie mogąc przesłać potrzebnych ilości energii drutem górnym bez zbyt wielu strat lub praktycznie niewykonalnych przekrojów, zastąpiono przytem sieć t. z. trzecią szyną.

Rzecz tu szła zresztą na razie przeważnie o stacje czołowe, tunele i t. p. krótkie względnie odcinki magistrali, gdzie dalsze rozszerzenie elektryfikacji na dłuższe odcinki, względnie całe sieci, nie było wogóle przewidziane. W takich wypadkach wystarcza to napięcie i trzecia szyna w zupełności.

Dziedziną prądu trójfazowego są Włochy, które przystąpiły do elektryfikacji swych linii kolejowych z innych zupełnie przyczyn, a mianowicie głównie dla zastąpienia węgla siłą wodną. Prąd zmienny jednofazowy nie mógł być wtedy wogóle dla trakcji zastosowany, gdyż motory kolektorowe prądu zmiennego nie były jeszcze znane. Mając zaś na widoku elektryfikację całych linii, a następnie sieci, uznano z góry prąd stały za nieodpowiedni i zastosowano prąd zmienny trójfazowy.

Szwajcarja i Niemcy, a wraz z niemi Austrja i Szwecja, które przystąpiły do elektryfikacji już znacznie później, uznały po licznych próbach i badaniach prąd zmienny jednofazowy za jedynie odpowiedni

dla długich linii i sieci i takim się też przy elektryfikacji swych kolei posługują.

Również i Ameryka poczyniła liczne próby z prądem zmiennym i zelektryfikowała tym systemem kilka poważnych linii kolejowych, nie zarzucając jednak prądu stałego, lecz przeciwnie, udoskonalając stale ten system i dążąc do zwiększenia napięcia. Ostatnie wreszcie próby, a głównie świetne wyniki elektryfikacji przeszło 700 km. kolei Chicago, Milwaukee and St. Paul, dowiodły niezbicie, że i prąd stały o napięciu 3000 voltów nadaje się doskonale do elektryfikacji dowolnie długich linii. Obecnie system ten, prąd stały o wysokim napięciu, stanowczo przeważa w Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej: w Europie wypowiedziały się za prądem stałym komisje studjów: francuska, angielska, belgijska i holenderska.

Włochy, zatrzymując dla części północnej swej sieci kolejowej prąd trójfazowy, zamierzają elektryfikować resztę sieci prądem stałym o możliwie wysokim napięciu.

Polska międzyministerjalna komisja dla studjów nad elektryfikacją kolei głównych wypowiedziała się również, po przeprowadzeniu gruntownych badań i obliczeń, za prądem stałym o możliwie wysokim napięciu.

Stanowcze i ostateczne rozstrzygnięcie kwestji, jaki system prądu nadaje się najlepiej do elektryfikacji kolei głównych, jest dziś jeszcze niemożliwe.

Pewnem jest jedynie, że prąd trójfazowy ustępuje tak prądowi jednofazowemu, jak i stałemu, że więc dalszej przyszłości niema, co do tych dwu jednak, to sprawa musi być każdorazowo, dla każdego państwa czy też każdej sieci oddzielnie rozpatrywana, a najlepsze rozwiązanie zależeć będzie nietylko od względów czysto kolejowo-technicznych, ale i od ogólnego planu elektryfikacji danego państwa.

Oczywistą jest rzeczą, że przesyłanie energii musi się zawsze odbywać prądem zmiennym o wysokim napięciu, które dopiero musi być transformowane na napięcie robocze kolei. Otóż prąd stały wymaga przytem do dziś dnia przetwornic obracających się, prąd zmienny zaś tylko nieruchomych transformatorów, ale tylko wtedy, kiedy częstotliwość jego jest dla kolei odpowiednia; w przeciwnym razie staje się i tu zastosowanie przetwornic ruchomych niezbędną. Tymczasem trakcja wymaga, jak to dalej zobaczymy, małej ilości okresów, 15 — 17, podczas kiedy światło wymaga ich 40 — 60. Powstają tedy dwie możliwości: albo budować dla kolei oddzielne elektrownie i oddzielne sieci przesyłowe, albo też czerpać prąd z elektrowni ogólnych, okręgowych i ogólnych sieci, ale prąd ten przetwarzać w odpowiednich podstacjach. Co jest lepsze i czy przy przetwarzaniu prąd jednofazowy nie straci

swej przewagi nad stałym, to właśnie nie da się raz na zawsze i ogólnie stwierdzić

Co do napięcia roboczego, to wynosi ono przy prądzie zmiennym trójfazowym zwykle 3000—3500 voltów, przy jednofazowym 12000—16000 voltów; przy prądzie stałym stosowane bywają różne napięcia. Aczkolwiek jasnym jest, że im wyższe będzie napięcie, tem mniej kosztowną staje się sieć i przewody zasilające, to jednak przy wyższem napięciu stają się kosztowniejsze urządzenia elektryczne, zwłaszcza lokomotyw. Obecnie wynosi różnica kosztów lokomotyw elektrycznych dla napięcia 1500 voltów i 3000 voltów około 5%. Koszt sieci roboczej i przewodów zasilających stanowi, w zależności od gęstości ruchu i warunków miejscowych, zwykle 15—6% ogólnych kosztów elektryfikacji, koszt zaś lokomotyw elektrycznych 60 — 85%.

Wyższe więc napięcie nie zawsze będzie ekonomiczniejsze, aczkolwiek należy się przytem liczyć i z dalszem ulepszeniem motorów i urządzeń dla wysokich napięć, które może stosunek ten zmienić. W każdym razie sprawa ta nie jest dziś ostatecznie rozstrzygnięta i musi być każdorazowo specjalnie badaną. Tak n. p. Francja, Anglja, Belgja i Holandja wypowiedziały się za napięciem 1500 voltów, podczas kiedy Włochy zdają się dążyć do możliwie wysokich napięć i zelektryfikowały linję Torino-Lanzo napięciem nawet 4000 voltów. Możliwym też zdaje się być zastosowanie systemu trójprzewodowego, aczkolwiek byłaby to rzecz dopiero do zbadania.

O obliczaniu mocy motorów prądu stałego, ich działaniu, połączeniach i sposobach regulowania mówiliśmy już obszernie w Części I-szej, że zaś motory stosowane dla kolei głównych różnią się od tam opisanych tylko wymiarami, przeto powtarzanie tych obliczeń byłoby zbyteczne. Natomiast konieczne jest zapoznanie się z teorją i działaniem motorów kolektorowych prądu zmiennego, gdyż motory te przeznaczone dla celów trakcyjnych różnią się znacznie od motorów budowanych dla innych celów. Przedewszystkiem mamy tu do czynienia nie jak przy prądzie stałym, z jednym tylko typem motoru szeregowego, ale z kilku zupełnie różnymi typami, mającymi każdy swe zalety i wady. Wychodząc przeto i tu z założenia, że czytelnik jest obeznany z zasadniczą teorją tych motorów, musimy jednak przypomnieć główne zasady ich działania, aby w ten sposób ułatwić wybór odpowiedniego do danych warunków typu.

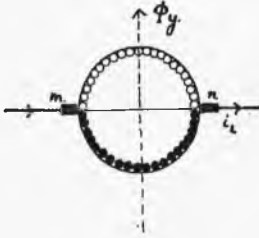
**2. Teorja motoru kolektorowego prądu zmiennego.** W tworniku uzwojony jak twornik prądu stałego, przez który przepływa prąd zmienny  $i_2$  i przechodzi w kierunku prostopadłym do szczotek  $m-n$  strumień magnetyczny  $\Phi_y$  o tejsamej liczbie okresów, co prąd  $i_2$ , rys. 32-gi, powstaje pewien moment obrotowy.

Jeżeli strumień  $\Phi_y$  jest przesunięty o kąt  $\psi$  względem  $i_2$ , rys. 33-ci i 34-ty, to moment ten obrotowy będzie miał w czasie  $t$  wartość:

$$M_t = C \cdot \Phi_{yt} (-i_{2t}) = -C \cdot \Phi_{y_2 t} \cdot i_{2t} \quad \text{może więc być ujemny.}$$

$C =$  wielkość stała.

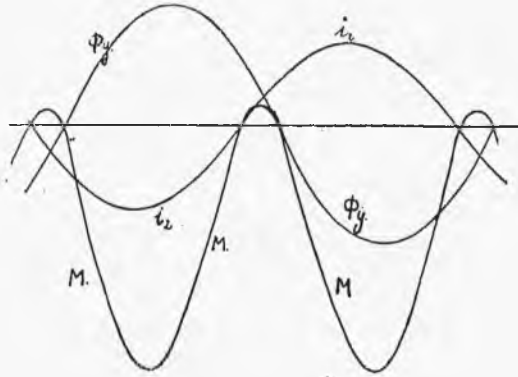
Sredni moment obrotowy będzie miał w danym wypadku przeważającą ilość sił ujemnych, t. j. wywołujących obrót w kierunku wskazówek zegarka, będzie więc również ujemny. Przy kącie  $\psi$  ostrym otrzymalibyśmy natomiast moment obrotowy dodatni i obrót w kierunku przeciwnym wskazówek zegarka.



Rys. 32.



Rys. 33.



Rys. 34.

W przeciwieństwie więc do motoru prądu stałego nie będzie moment obrotowy stały, lecz podległy silnym czasowym wahaniom.

Średni moment obrotowy  $M_s$  da się obliczyć w sposób następujący:

$$M_s \cdot T = \int_0^T M \cdot dt, \quad T = \text{czas pełnego okresu.}$$

$$M_s = \frac{C}{T} \int_0^T \Phi_{yt} \cdot i_{2t} \cdot dt$$

$$\Phi_{yt} = \bar{\Phi}_y \cdot \sin \omega \cdot t, \quad \omega = 2\pi \cdot f, \quad f = \text{ilość okresów}$$

$$i_{2t} = \bar{i}_2 \sin (\omega t - \psi)$$

$$M_s = \frac{C}{T} \cdot \bar{\Phi}_y \cdot \bar{i}_2 \cdot \int_0^T \sin \omega t \cdot \sin (\omega t - \psi) \frac{d\omega t}{\omega} =$$

$$= \frac{C}{\omega \cdot T} \cdot \bar{\Phi}_y \cdot i_2 \cdot \pi \cdot \cos \phi,$$

$$T = \frac{1}{f}, \quad M_s = C \frac{\bar{\Phi}_y}{\sqrt{2}} \cdot i_2 \text{ eff} \cdot \cos \phi.$$

Przy kącie  $\phi = 90^\circ$  będzie więc  $M_s = 0$ .

Jeżeli  $\phi > 90^\circ$  to  $M_s$  jest ujemne, gdyż  $\cos \phi$  jest ujemne, przy  $\phi < 90^\circ$   $M_s$  jest dodatnie.

Jeżeli  $\Phi_y$  nie przechodzi prostopadle do linii  $m-n$  lecz, odchylone jest od linii szczotek o kąt  $\beta$ , to:

$$M_s = C \frac{\Phi_y}{\sqrt{2}} \cdot i_2 \text{ eff} \cdot \cos \varphi \cdot \sin \beta.$$

Wyrażony w kilogramometrach będzie moment obrotowy:

$$M_s = \frac{Z \cdot 2p}{2a \cdot 2\pi \cdot 9,81} \cdot 10^{-8} \frac{\bar{\Phi}_y}{\sqrt{2}} \cdot i_2 \text{ eff} \cdot \cos \varphi \cdot \sin \beta;$$

$p$  = ilość par biegunów,

$a$  = ilość par gałęzi prądu w wirniku,

$Z$  = ilość przewodników wirnika.

Skutkiem obracania się wirnika w zmiennem polu magnetycznym powstaje w nim siła elektrobodźcza  $E_r$ :

$$E_r = Z \cdot \frac{n}{60} \cdot \bar{\Phi}_y \cdot \frac{10^{-8}}{\sqrt{2}} \cdot \sin \beta \cdot \frac{p}{a};$$

$E_r$  w voltach,

$n$  = ilość obrotów na minutę.

$E_r$  ma charakter siły przeciwelektrobodźczej przy prądzie stałym, jest zatem przeciwna prądowi  $i_2$ , siła więc elektrobodźcza musi być z  $\Phi_y$  w jednej fazie, lub w fazie o  $180^\circ$  przesuniętej, w zależności od tego czy kąt  $\phi$  pomiędzy  $\Phi_y$  i  $i_2$  jest rozwarty lub ostry.

Przepływający przez wirnik prąd zmienny  $i_2$  powoduje powstanie strumienia magnetycznego  $\Phi_x$  będącego z  $i_2$  w tej samej fazie: strumień ten ze swej strony powoduje powstanie siły elektrobodźczej  $E_t$  o  $90^\circ$  opóźnionej względem strumienia.

$$E_t = \bar{\Phi}_x \frac{2\pi \cdot f}{\sqrt{2}} \cdot \frac{Z}{2} \cdot \frac{1}{\pi} \cdot 10^{-8} \text{ voltów.}$$

Moc, jaką wirnik wchłania, a zatem i oddać może jest równą:

$$E_r \cdot i_2 \cos(180^\circ - \gamma), \quad \gamma = \text{kąt pomiędzy } E_r \text{ a } i_2.$$

Z równania tego wynika, iż moc może być  $= 0$ , jeżeli  $i_2 = 0$  albo też  $\cos(180^\circ - \gamma) = 0$  t. j. jeżeli  $\gamma = 90^\circ$ .

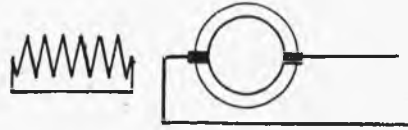
$E_t$  niema żadnego wpływu na moc mechaniczną, gdyż jest zawsze do  $i_2$  prostopadłe ( $\gamma = 90^\circ$ ),  $\Phi_x$  zaś powoduje tylko powstanie samoindukcji zwiększającej opór pozorny. Samoindukcja ta zwiększa również kąt pomiędzy prądem  $i_2$  a napięciem na zaciskach  $e_2$ , i powoduje przy stałym  $e_2$  szybsze zmniejszanie się ilości obrotów  $n$  z rosnącym obciążeniem. Z rosnącym bowiem prądem  $i_2$  rosnać musi i  $E_t$ , a zatem, przy niezmięnionej sile strumienia  $\Phi_y$  musi maleć  $E_r$ , a zatem i  $n$ .

Należy więc koniecznie  $\Phi_x$  zniszczyć lub conajmniej możliwie zrównoważyć.

Osiągnąć to można, stosując uzwojenia wyrównawcze, zasilane jużto bezpośrednio, jak na rys. 35-tym, jużto indukcyjnie, jak na rys. 36-tym.



Rys. 35.



Rys. 36.

Moc, jaką oddaje transformator na zaciskach swego wtórnego uzwojenia i która może wykonywać pracę w obwodzie elektrycznym, przyłączonym do tych zacisków, jest, nie uwzględniając strat na histerezę i prądy wirowe:

$$P_2 = e_1 \cdot i_1 \cdot \cos \varphi_1 - i_1^2 \cdot r_1 - i_2^2 \cdot r_2;$$

$e$  = napięcie na zaciskach pierwotnych,

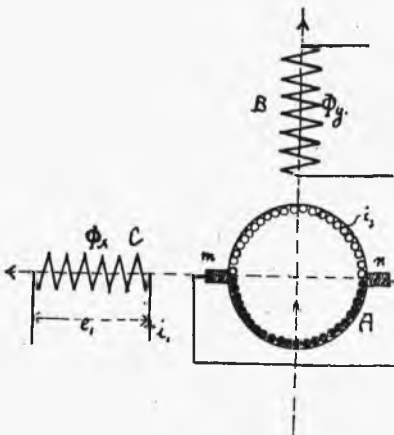
$i_1$  = prąd w uzwojeniu pierwotnym,

$\varphi$  = kąt fazowy pomiędzy  $e_1$  a  $i_1$ ,

$r_1$  = opór omowy uzwojenia pierwotnego,

$r_2$  = opór omowy uzwojenia wtórnego,

$i_2$  = prąd wtórny.



Rys. 37.

Ta moc elektryczna może jednak również być bezpośrednio zamieniona na pracę mechaniczną w uzwojeniu wtórnym, jeżeli tylko uzwojenie to jest tak wykonane, że może się obracać wraz ze swym

rdzeniem, czyli, jeżeli ma ono kształt wirnika nawiniętego dla prądu stałego. Szczotki takiego wirnika muszą być krótko zwarte, aby tracić jaknajmniej mocy w łączącym je przewodniku.

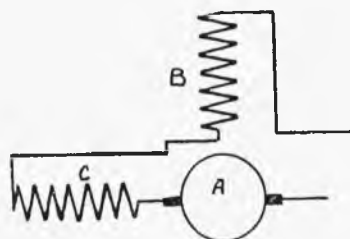
Takie połączenie stanowi t. zw. motor **repulsyjny**, rys. 37-my.

**3. Rodzaje motorów kolektorowych prądu zmiennego.** Jak więc widzimy, możemy rozróżnić przede wszystkim dwa rodzaje motorów kolektorowych prądu zmiennego, mianowicie motory zasilane bezpośrednio i motory repulsyjne. Każdy z tych rodzajów może być w różny sposób łączony i wykonywany tak, iż powstaje znaczna ilość różnych typów motorów. Dla trakcji elektrycznej mają przytem znaczenie przede wszystkim te połączenia, które dają charakterystykę szeregową (zmniejszanie się ilości obrotów z rosnącym obciążeniem).

Z różnych możliwych połączeń, dających taką charakterystykę, najważniejszemi są:

Motor bezpośrednio zasilany, szeregowy, rys. 38-my.

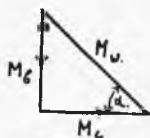
Uzwojenie *B*, uzwojenie wyrównawcze *C* i wirnik *A* połączone są szeregowo.



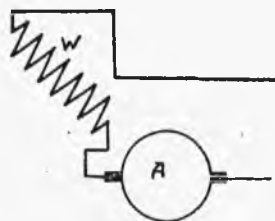
Rys. 38.

Siły magnetomotoryczne uzwojeń *B* i *C* można zastąpić jedną wynikową siłą magnetomotoryczną  $M_w$ , rys. 39-ty. Siłę tę może wzbudzać jedno uzwojenie, którego oś magnetyczna przesunięta jest względem osi magnetycznej wirnika o kąt  $\alpha$ , rys. 40-ty.

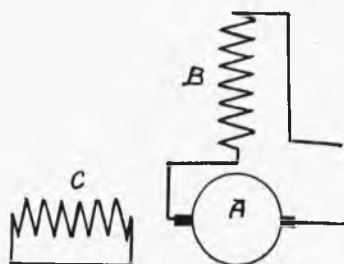
Można również, zamiast zasilac uzwojenie wyrównawcze *C* bezpośrednio, wzbudzac je indukcyjnie, rys. 41-szy.



Rys. 39.



Rys. 40.



Rys. 41.

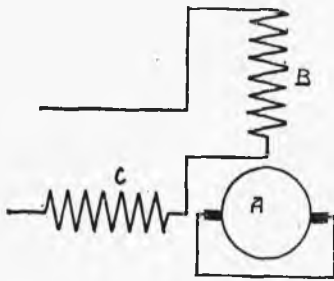
Uzwojenie *C* jest tu krótko zwarte. Pole magnetyczne twornika nie może być przytem całkowicie zrównoważone, lecz musi zawsze pozostać mała jego część, któraby wzbudzała w *C* siłę elektrobodźczą, dostateczną dla przewyciężenia oporu omowego i indukcyjnego uzwoje-

nia  $C$ . Wymieniając  $A$  i  $C$ , otrzymujemy motor repulsyjny **Atkinsona**, rys. 42-gi.

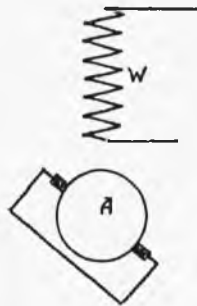
W przeciwieństwie do bezpośrednio zasilanego motoru, rys. 38-my, doprowadza się tu do wirnika całą moc, potrzebną dla pokonania strat w nim i wykonania pracy przez działanie transformatorowe. Uzwojenie  $B$  wytwarza jedynie strumień magnetyczny  $\Phi_m$ , który wraz z prądem  $i_2$ , wywołanym przez indukcję, daje moment obrotowy. Cewkę  $B$  nazywamy wzbudzającą, cewkę  $C$  pracującą.

Zamiast dwu uzwojeń można również i tu stosować jedno, przesuwając tylko odpowiednio linję szczotek, rys. 43-ci.

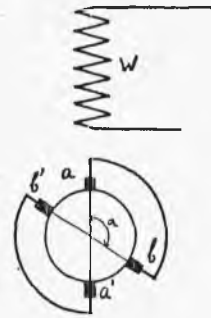
Jestto motor repulsyjny systemu **Oerlikon**, o jednej parze szczotek.



Rys. 42.



Rys. 43.



Rys. 44.

Motor, rys. 44-ty, zaopatrzony jest w dwie pary szczotek, mianowicie szczotki nieruchome  $a a'$  i szczotki ruchome  $b b'$ . Szczotki  $a a'$  i  $b b'$  są parami ze sobą połączone; szczotki  $b b'$  można przesuwając w obie strony o kąt od  $0^\circ$  do  $180^\circ$ .

Jestto motor repulsyjny systemu **Deri**.

Zastępując cewkę wzbudzającą  $B$  motoru Atkinsona przez wirnik, otrzymuje się motor szeregowy ze wzbudzeniem wirnikowym, rys. 45-ty.

Motory te zostały znacznie udoskonalone przez Latour'a, Wintera i Eichberga.

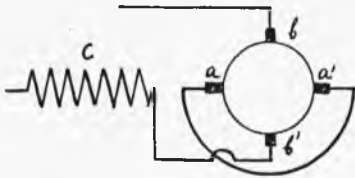
Obie pary szczotek są nieruchome i o  $90^\circ$  przesunięte; szczotki  $a a'$  są krótko zwarte.

Znaczne ulepszenie stanowi połączenie takiego motoru z transformatorem  $T$ , rys. 46-ty.

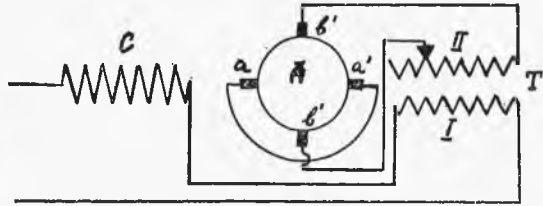
Wtórne uzwojenie II transformatora  $T$  zasila szczotki  $b b'$ ; uzwojenie to jest tak wykonane, iż można regulować liczbę czynnych zwojów. Pozwala to na dowolne regulowanie strumienia magnetycznego  $\Phi_m$ , wytwarzającego moment obrotowy. W takim wykonaniu motor ten zwie się motorem **Winter-Eichberga**.



Rys. 47-my uwidacznia szemat motoru podwójnie zasilanego, a mianowicie bezpośrednio przez napięcie  $e_2$  transformatora jednocewkowego  $T$ , oraz indukcyjnie przez uzwojenie  $C$ ; stosunek napięć  $e_1$  do  $e_2$  daje się dowolnie zmieniać.



Rys. 45.

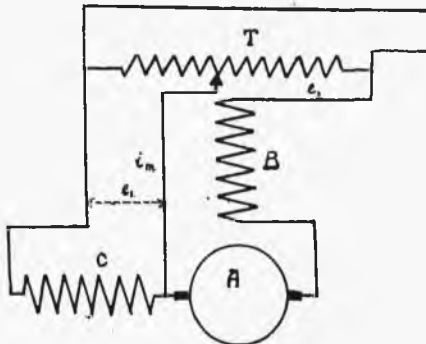


Rys. 46.

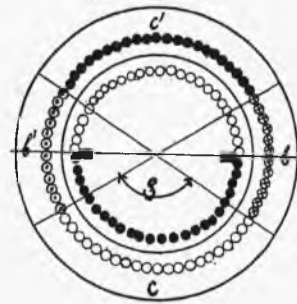
Motory takie dają się znakomicie regulować. Łącząc cewkę  $B$  tak, iż przez nią przepływa prąd pierwotny  $i_1$ , otrzymujemy t. zw. motor **Arnolda**, łącząc zaś tak, iż przepływa prąd magnetyzujący  $i_2$ , **Osnos'a**.

Uzwojenie wirników motorów kolektorowych prądu zmiennego niczem się naogół nie różni od uzwojenia tworników motorów prądu stałego. Natomiast muszą tu być i magnesnice, a raczej statory, wykonywane z blach tak, jak rotory, a to wobec zmienności strumienia magnetycznego.

We wszystkich motorach repulsyjnych (krótko zwarte uzwojenia wyrównacze, albo krótko zwarty twornik) są fazy obu strumieni magne-



Rys. 47.



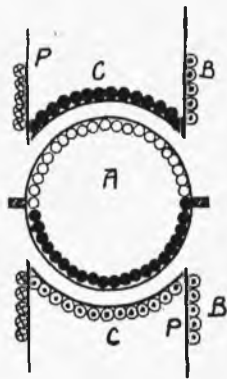
Rys. 48.

tycznych  $\Phi_x$  i  $\Phi_y$  przesunięte; ponieważ strumienie te są pozatem przesunięte względem siebie i w przestrzeni, przeto powstaje wirujące pole eliptyczne. Wystające pieńki powodowałyby deformację tego pola, wobec czego nie można takich statorów zaopatrywać w wystające pieńki, lecz należy je wykonywać tak, jak dla motorów trójfazowych, bez

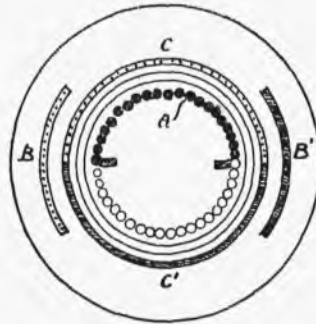
pieńków, a ze żłobkami, w których uzwojenia rozmieszczone są możliwie równomiernie, rys. 48-my.

Przewodniki grup  $c c'$  są tak połączone, iż powstająca z nich cewka  $C$  wzbudza siłę magnetomotoryczną  $M_c$  równą i przeciwną sile magnetomotorycznej twornika  $M_a$ . Cewka  $b b'$  wzbudza magnetyzm wzdłuż osi  $y$ .

Przy motorach bezpośrednio zasilanych niema przesunięcia faz pomiędzy  $\Phi_x$  i  $\Phi_y$ , można więc tu stosować pieńki; należy tylko przy pomocy cewki wyrównawczej znieść strumień  $\Phi_x$ . Tak też były budowane pierwsze takie motory fabryk Ganz i S-ka, Westinghous i innych.



Rys. 49.



Rys. 50.

Z rys. 49-go jednak widoczne jest, iż cewka  $C$  nie może nigdy zupełnie zrównoważyć działania  $A$ ; odnosi się to zresztą i do uzwojenia, rys. 49-ty, gdyż zupełne zrównoważenie działania twornika możliwe jest tylko wtedy, kiedy cewka  $C$  staje się ściśle odbiciem uzwojenia twornika  $A$ . W tym celu należy uzwojenie  $C$  rozłożyć na całym obwodzie statoru, jak na rys. 50-tym.

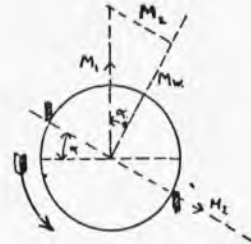
Wobec wyżej powiedzianego nie buduje się obecnie motorów bezpośrednio zasilanych z wystającymi pieńkami, lecz wykonywuje ich statory tak, jak statory motorów repulsyjnych.

**4. Komutacja i przesunięcie faz.** Przy motorach kolektorowych prądu zmiennego najtrudniejszym zadaniem jest możliwie zupełne usunięcie iskrzenia na kolektorze. Przy motorach prądu stałego powstają w zwojach twornika dwie siły elektrobodźcze, powodujące powstanie prądu w chwili krótkiego zwarcia przez szczotki tych zwojów, a mianowicie siła elektrobodźcza wywołana strumieniem magnetycznym twornika  $\Phi_x$ , i strumieniem rozproszonym. Prąd krótkiego zwarcia powoduje ze swej strony iskrzenie na kolektorze. Powstawaniu tych sił

elektrobodźczych zapobiega się, przesuwając szczotki z linii neutralnej, stosując bieguny zwrotne lub wreszcie uzwojenia wyrównawcze.

Siły magnetomotoryczne uzwojeń statoru  $M_1$  i rotora  $M_2$  dają wynikową  $M_w$ ; przesuwając szczotki w kierunku przeciwnym kierunkowi obrotu motoru o kąt  $\alpha$  można zawsze uczynić  $M_1 \cdot \sin \alpha = -M_2$  tak, iż pozostanie tylko  $M_1 \cdot \cos \alpha = M_w$ .

Ponieważ przy motorach bezpośrednio zasilanych  $M_1$  i  $M_2$  zmieniają się zawsze razem i jednakowo i są ze sobą w fazie, przeto pozostaje kierunek  $M_w$  stałym przy wszelkich obciążeniach i wystarcza jednorazowe nastawienie szczotek. Rozproszenie postaci rzeczy nie zmienia, należy tylko dla zrównoważenia kąt  $\alpha$  odpowiednio powiększyć.



Rys. 51.

Działanie biegunów zwrotnych jest łatwo zrozumiałe; zadaniem ich jest zrównoważyć  $\Phi_x$ ; wywołany przez nie strumień magnetyczny musi być  $\Phi_x$  przeciwny, a przy prądzie zmiennym względem  $\Phi_x$ , o  $180^\circ$  przesunięty; przez uzwojenia więc biegunów zwrotnych płynąć musi prąd twornika  $i_2$ .

Daleko skuteczniej działają, jak to widzieliśmy, uzwojenia wyrównawcze. Przez uzwojenia te płynąć musi również prąd  $i_2$ ; uzwojenia te można także zasilac indukcyjnie.

Rozproszenie powoduje tylko konieczność wzmocnienia tak biegunów zwrotnych, jak i uzwojeń wyrównawczych.

Przy prądzie zmiennym powstaje jednak jeszcze i trzecia siła, powodująca iskrzenie; wywołana ona jest tem, iż w krótko zwartych zwojach twornika drga strumień magnetyczny  $\Phi_y$ . Krótko zwarte zwoje  $N_k$  stanowią wtórne uzwojenie transformatora, wzbudzona więc w nich siła elektrobodźcza  $E_{tk}$  ma wielkość:

$$E_{tk} = \frac{\Phi_y}{\sqrt{2}} \cdot N_k \cdot 2\pi \cdot f \cdot 10^{-8} \text{ voltów.}$$

i jest o  $90^\circ$  względem  $\Phi_y$  opóźnioną.

Strumienia  $\Phi_y$  zniszczyć nie można, gdyż niezbędny on jest dla powstania momentu obrotowego, ale zato można  $E_{tk}$  zrównoważyć przez to, iż zwoj  $N_k$  obracać się będzie w strumieniu magnetycznym  $\Phi_k$ . Wielkość  $\Phi_k$  musi być taka, aby w zwoju  $N_k$  obracającym się z szybkością „n“ obrotów powstała siła elektrobodźcza równa i przeciwna  $E_{tk}$ . Mamy zatem:

$$E_{tk} = \frac{\Phi_y}{\sqrt{2}} \cdot N_k \cdot 2\pi \cdot f \cdot 10^{-8} = \frac{\Phi_k}{\sqrt{2}} \cdot 2\pi \frac{n}{60} \cdot N_k \cdot 10^{-8},$$

$$\text{a ztąd: } \frac{\Phi_k}{\Phi_y} = \frac{60 \cdot f}{n}, \quad \Phi_k = \Phi_y \cdot \frac{60 \cdot f}{n}.$$

Strumień magnetyczny  $\Phi_k$  musi być przesunięty względem  $E_{tk}$  o  $180^\circ$ , a zatem względem  $\Phi_y$  o  $90^\circ$  i winien się zmieniać proporcjonalnie do  $\Phi_y$  i odwrotnie proporcjonalnie do ilości obrotów  $n$ . Przy ruszaniu więc, kiedy  $n = 0$ , musiałby strumień magnetyczny  $\Phi_k$  być nieskończenie wielkim; pewne przeto iskrzenie przy ruszaniu jest nieuniknione.

Bieguny zwrotne muszą wzbudzać siłę magnetomotoryczną  $M_w$ , składającą się z trzech części: 1) dla zrównoważenia części  $M_2$ , jeszcze nie zniszczonej przez uzwojenia wyrównawcze; 2) zrównoważenia strumienia rozproszenia i 3) wytworzenia strumienia  $\Phi_k$ .

$\Phi_k$ , względnie wywołująca go siła magnetomotoryczna  $M_k$ , musi być wytworzone nie przez prąd twornika  $i_2$ , ale przez jakąś inną siłę elektrobodźczą odpowiedniej fazy:  $M_w$  musi się zmieniać co do wielkości i siły ze zmianą obciążenia motoru. Wynika z tego, iż określenie raz na zawsze wielkości  $M_k$  jest niemożliwe, że więc jest wysoce pożądane możliwie zmniejszyć wielkość  $\Phi_k$ , które niezawsze będzie zupełnie zrównoważone.

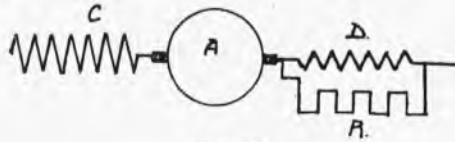
Zmniejszenie to da się osiągnąć, jak widać z poprzedniego równania, zmniejszając strumień magnetyczny  $\Phi_y$ , zmniejszając ilość krótko zwartych zwoji  $N_k$ , czyli zwiększając ilość działek kolektora, i wreszcie zmniejszając  $f$  t. j. ilość okresów czyli częstotliwość. Tak osłabienie  $\Phi_y$ , jak i zmniejszenie częstotliwości jest pozatem i ze względu na zmniejszenie przesunięcia faz pożądane.

Niezależnie od wyżej wyliczonych środków, można jeszcze dla zmniejszenia iskrzenia włączać sztuczne opory w połączenia zwojów twornika z działkami kolektora. Obecność tych oporów zmniejsza oczywiście natężenie prądu krótkiego zwarcia, powoduje jednak stałe straty omowe i zmniejsza temsamem spółczynnik sprawności motoru.

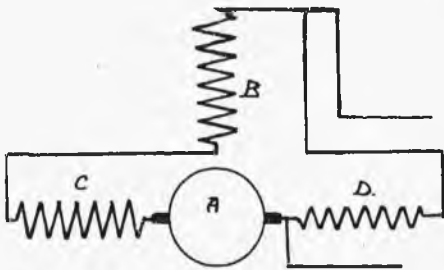
Jak to już widzieliśmy, uzwojenie biegunów zwrotnych motorów bezpośrednio zasilanych, obliczone dla pewnego obciążenia, nie może działać dobrze przy wszelkich obciążeniach, a to z powodu zmieniania się z obciążeniem  $M_k$ . Inaczej powiedziawszy, należy przy tych motorach koniecznie regulować strumień magnetyczny biegunów zwrotnych. W tym celu można, jak na rys. 52-im, włączać równolegle do biegunów zwrotnych  $D$  — opór omiczny  $R$ , lub też, jak na rys. 53-cim, włączać uzwojenie biegunów zwrotnych równolegle do motoru. Lepsze rezultaty daje połączenie rys. 54-go.

$\lambda$  jest cewką dławikową. Część uzwojenia  $D_h$  działa proporcjonalnie do obciążenia, część  $D_n$  jest od obciążenia niezależna, a zależy tylko od samoindukcji cewki  $\lambda$ . Stosunek  $D_h$  do  $D_n$  można dowolnie zmieniać.

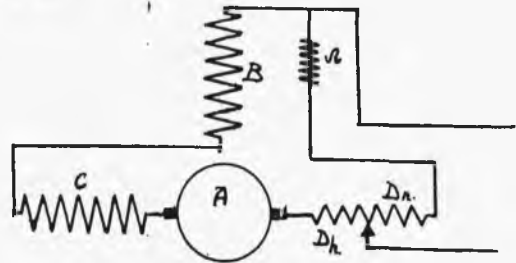
Najlepsze jest jednak połączenie, naszkicowane na rys. 55-tym, gdyż daje możliwość doskonałego regulowania, nie wymagając dodatkowych



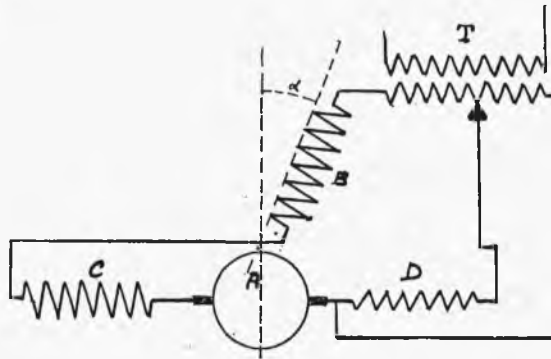
Rys. 52.



Rys. 53.



Rys. 54.



Rys. 55.

oporów, ani też cewek dławikowych. Transformator  $T$  jest zawsze niezbędny dla zmniejszenia napięcia sieci, nie stanowi więc żadnej komplikacji. Przesunięcie osi magnetycznej  $B$  o kąt  $\alpha$  i wzmocnienie uzwojenia zastępuje tu uzwojenie  $D_n$ .

W motorach repulsyjnych ma się rzecz nieco inaczej. Fazy obu strumieni magnetycznych głównych  $\Phi_x$  i  $\Phi_y$  są względem siebie przesunięte, a pozatem są te strumienie i w przestrzeni przesunięte, powstaje

więc pole wirujące eliptyczne. Pole takie możemy sobie przedstawić jako wynikową dwu pól: pola wirującego o stałej amplitudzie i pola zmiennego o stałym kierunku. Przy synchronizmie staje się pole zmienne = 0, a pole wynikowe jest polem stałym, wirującym z szybkością wirnika, skutkiem czego znika zupełnie siła powodująca iskrzenie. Przy szybkościach powyżej synchronicznej  $E_k$  wzrasta bardzo szybko, poniżej — wolniej.

Wynika z tego, że motory repulsyjne mają znakomitą komutację tylko dla szybkości bliskich synchronicznej, niezłą poniżej i bardzo utrudnioną powyżej.

Tak dla motorów bezpośrednio zasilanych, jak i dla motoru Atkinsona, rys. 42-gi, daje się wyprowadzić uproszczone równanie dla określenia przesunięcia faz w obwodzie pierwotnym.

Jak to już widzieliśmy, uzwojenie „C” równoważy pole magnetyczne twornika  $\Phi_x$ , pozostaje jednak zawsze pewne pole rozproszenia, któremu odpowiada strumień  $\Phi_{rA}$ . Również i samo uzwojenie „C” powoduje pewne rozproszenie, któremu odpowiada strumień  $\Phi_{rC}$ . Strumień, wytworzony przez uzwojenie „B” rozkłada się także na strumień wywołujący moment obrotowy  $\Phi_y$ , i strumień rozproszenia  $\Phi_{rB}$ .

Jeżeli nie uwzględnimy wpływu histerezy i prądów wirujących, to wszystkie te strumienie są w fazie z prądem  $i$  i wywołują odpowiednie siły elektrodźwiczne:

$$\Phi_y \text{ w uzwojeniu „B” } E_{Ty} = \frac{\Phi_y}{\sqrt{2}} 2 \pi \cdot f \cdot Z_B 10^{-8} \text{ voltów,}$$

$$\Phi_{rB} \text{ w uzwojeniu „B” } E_{rB} = \frac{\Phi_{rB}}{\sqrt{2}} 2 \pi \cdot f \cdot Z_B 10^{-8} \text{ voltów,}$$

$$\Phi_{rC} \text{ w uzwojeniu „C” } E_{rC} = \frac{\Phi_{rC}}{\sqrt{2}} 2 \pi \cdot f \cdot Z_C 10^{-8} \text{ voltów,}$$

$$\Phi_{rA} \text{ w tworniku } E_{rA} = \frac{\Phi_{rA}}{\sqrt{2}} f \cdot Z_A 10^{-8} \text{ voltów.}$$

$Z_B$  oznacza ilość zwojów uzwojenia „B”,  $Z_C$  uzwojenia „C”,  $Z_A$  ilość przewodników w wirniku.

Wszystkie te cztery indukcyjnie wywołane siły elektrodźwiczne pozostają o  $90^\circ$  za prądem. Siła elektrodźwiczna, wywołana w tworniku obracaniem się jego w polu magnetycznym,  $E_R$  natomiast jest względem prądu przesunięta o  $180^\circ$ , powstaje więc przesunięcie faz, gdyż napięcie na zaciskach musi stanowić wynikową wszystkich tych sił elektrodźwicznych, a pozatem przewyciężać straty omowe  $i \cdot r$ .

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{E_{Ty} + E_{rB} + E_{rC} + E_{rA}}{E_R + i \cdot r},$$

jeżeli nie uwzględnimy małych naogół napięć rozproszenia i strat omicznych to w przybliżeniu  $\operatorname{tg} \varphi = \frac{E_{Ty}}{E_R}$ , a wstawivszy wartości za  $E_{Ty}$  i  $E_R$

$$\operatorname{tg} \varphi = 2 \pi \cdot 60 \cdot \frac{f}{n} \cdot \frac{Z_B}{Z_A}$$

Z równania tego wynika, że dla zmniejszenia  $\varphi$  należy  $Z_B$  robić małym w porównaniu do  $Z_A$ . Zwykle bywa  $Z_A$  7–8 razy większe jak  $Z_B$ . Aby  $Z_B$  mogło być możliwie małe, należy się starać o mały opór magnetyczny, a zatem przede wszystkim o małą szczelinę.

Wartość  $\varphi$  rośnie z malejącem  $n$ , a zatem z rosnącym obciążeniem. Przy synchronizmie, a zatem  $\frac{n}{60} = f$ , staje się  $E_{Ty} = E_R$ , a zatem  $\operatorname{tg} \varphi = 1$ ,  $\varphi = 45^\circ$ .

Dla motoru Arnolda (Oerlikon), rys. 43-ci, jest  $\varphi$ , nie uwzględniając oporów i działania rozproszenia, przy stojącym motorze  $= 90^\circ$ , przy biegu synchronicznym  $= 0$ , przy biegu jałowym znowu  $= 90^\circ$ ; przy nadsynchronizmie (bieg szybszy od synchronicznego) prąd  $i_1$  wyprzedza tu napięcie  $e_1$ .

W rzeczywistości nie może nigdy  $\varphi$  stać się  $= 0$ , a to skutkiem działania oporów omowych i rozproszenia. Komutacja jest i tu najlepsza przy synchronizmie i lepsza poniżej, a gorsza powyżej synchronizmu. Motor Arnolda zajmuje pod względem komutacji miejsce pośrednie pomiędzy motorem Atkinsona a motorem bezpośrednio zasilanym.

Motor Deri, rys. 44-ty, o dwu parach szczotek, zachowuje się naogół tak, jak motor Arnolda czyli motor Oerlikon, odznacza się jednak lepszym współczynnikiem sprawności, gdyż opór omowy jego twornika jest o jakie 12–13% mniejszy.

Dla szybkości ponad synchronizmem szczotki stale pracują gorzej, ruchome zaś lepiej. Naogół biorąc jest tu komutacja znacznie lepsza jak przy motorach repulsyjnych o jednej parze szczotek.

Motory Winter-Eichberg-Latour, rys. 46-ty, dają przy synchronizmie przesunięcie faz  $= 0^\circ$ , przy nadsynchronizmie zaś ujemne (t. j. prąd wyprzedza napięcie). Właściwość ta stanowi ogromną zaletę tych motorów w porównaniu z wszelkimi innymi. Dalszą zaletą tych motorów jest to, że można stosować silniejszy strumień magnetyczny  $\Phi_y$ , nie zwiększając tem zbytnio przesunięcia faz; skutkiem tego staje się prąd  $i_2$  mniejszy, co znowu dodatnio wpływa na komutację. Szczotki wzbu-

dzające  $bb'$  pracują przy wszelkich szybkościach doskonale, szczotki zaś  $aa'$  najlepiej przy synchronizmie, lepiej niżej synchronizmu, gorzej powyżej.

Transformator  $T$ , rys. 56-ty, pozwala regulować strumień magnetyczny  $\Phi_y$ .

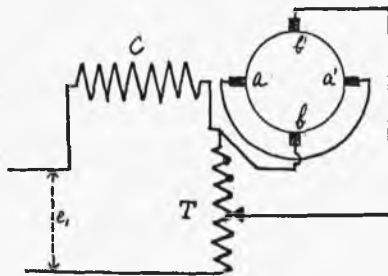
Przy ruszaniu napięcie na szczotkach  $bb'$  jest bardzo małe, skutkiem czego strumień magnetyczny  $\Phi_y$  jest również mały, a prąd  $i_2$  duży; z rosnącą szybkością zwiększa się przy pomocy transformatora napięcie, a zatem i strumień  $\Phi_y$  tak, że siła elektrobodźcza, wywołana przez obracanie się, równoważy zawsze doskonale siłę elektrobodźczą transformatorową.

Dla ulepszenia komutacji przy szczotkach  $aa'$  stosowane bywają bieguny zwrotne, zasilane częścią napięcia transformatora  $T$ ; bieguny te włącza się dopiero przy szybkości większej od synchronicznej.

Przez odpowiednie regulowanie strumienia  $\Phi_y$  można zawsze usunąć przesunięcie faz przy wszelkich obciążeniach; ma to oczywiście duże praktyczne znaczenie.

Motory podwójnie zasilane, rys. 47-my, łączą w sobie zalety motorów bezpośrednio zasilanych i repulsyjnych nie mając ich wad, t. j. biegunów zwrotnych, jak motory bezpośrednio zasilane, ani trudności komutacji przy szybkościach ponad synchroniczną, jak motory repulsyjne.

Podwójnie zasilany 1000 konny motor Powszechnego Towarzystwa Elektryczności ma w chwili ruszania z krótko zwartymi szczotkami,



Rys. 56.

a zatem jako zasilany indukcyjnie, napięcie iskrzące  $E_k = 3$  volty. Napięcie to spada szybko aż do osiągnięcia synchronizmu, co następuje przy prędkości 34 km/godz., poczem znowu szybko wzrasta.

Przy prędkości 38 km/godz. włączony zostaje pierwszy stopień transformatora, przy 50 km/godz. drugi i t. d. tak, że zasilanie bezpośrednio zwiększa się w miarę

zwiększania prędkości. Powyżej 30 km/godz. napięcie iskrzące  $E_k$  pozostaje w granicach  $\pm 1$  voltów.

**5. Ruszanie.** Ponieważ strumień magnetyczny  $\Phi_y$  musi zawsze być w fazie z prądem  $i_1$  albo  $i_2$ , to, nie uwzględniając małego względnie prądu magnesującego  $i_m$ , można przyjąć, że  $\Phi_y$  jest przesunięte o  $0^\circ$  lub  $180^\circ$  względem  $i_1$  lub  $i_2$ . Ponieważ dalej strumień magnetyczny  $\Phi_x$



jest zawsze w stałym stosunku do strumienia  $\Phi_y$ , przeto moment obrotowy w chwili ruszania można wyrazić przez równanie o kształcie:

$$D_A = C \cdot \Phi_y \cdot i_1.$$

Przy nieruchomym motorze  $\Phi_x$  w porównaniu do  $\Phi_y$  jest bardzo małe, wyrównywa bowiem tylko małe spadki napięcia, można go więc nieuwzględniać. Przy takim założeniu można narysować uproszczony diagram, rys. 57-my.

Napięcie w chwili ruszania  $e_A$  rozkłada się na dwa napięcia, mianowicie  $i_1 \cdot r_1$  dla pokrycia strat omowych, —  $E_{\delta_1}$ , spowodowane rozproszeniem, oraz  $E_{ty}$ :

$$e_A = \sqrt{(E_{ty} + E_{\delta_1})^2 + (i_1 r_1)^2},$$

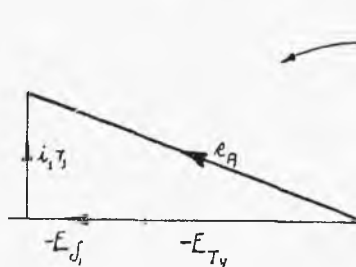
a nie uwzględniając  $i_1 \cdot r_1$ :

$$e_A = E_{ty} + E_{\delta_1}; \quad E_{\delta_1} = i_a \cdot \omega \cdot L_{\delta_1};$$

$L_{\delta_1}$  = współczynnik rozproszenia w obwodzie pierwotnym;

$$e_A = E_{ty} + i_a \cdot \omega \cdot L_{\delta_1};$$

$$i_a = \frac{e_A - E_{ty}}{\omega \cdot L_{\delta_1}}.$$



Rys. 57.

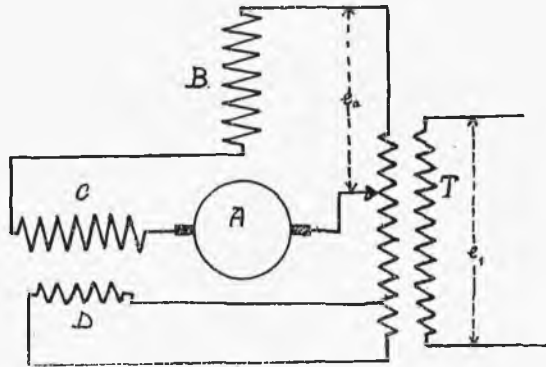
Z powyższego równania wynika, że natężenie prądu w chwili ruszania można regulować, zmieniając wartość tak  $e_A$ , jak  $E_{ty}$ , jak wreszcie obu razem. Wszystkie te trzy sposoby można w zasadzie stosować przy każdym motorze. Niezależnie jednak od zastosowanego sposobu należy zawsze pamiętać o tem, że siła elektrobodźcza  $E_k$  w zwojach krótko zwartych przez szczotki, wywołana przez strumień magnetyczny  $\Phi_y$ , nie może być przy nieruchomym motorze zniszczona, że więc ta siła elektrobodźcza nie powinna przewyższać wartości 6—7 voltów (dla umożliwienia dobrej komutacji). Z tego wynika dalej, że strumień magnetyczny  $\Phi_y$  nie może przekraczać pewnej granicy w chwili ruszania, czyli na ogół być większy, jak przy pełnym obciążeniu. Jeżeli więc moment obrotowy ma być większy w chwili ruszania, jak przy normalnym obciążeniu, to da się to osiągnąć tylko przez powiększenie prądu  $i_1$ , którego wielkość ograniczona jest dopuszczalnym nagraniem. Ogranicza to liczne teoretycznie możliwe sposoby regulowania do kilku.

Przy motorach szeregowych bezpośrednio zasilanych reguluje się napięcie  $e_A$  przy pomocy transformatora  $T$ , rys. 58-my.

Napięcie dla biegunów zwrotnych  $D$  jest stałe,  $e_A$  zaś obiera się tak, że przez motor przepływa prąd równy prądowi przy pełnym obciążeniu. Jeżeli motor jest tak obliczony, że przy pełnym obciążeniu jest nasycony, to można  $e_A$  powiększyć, gdyż wzmocniony prąd nie może

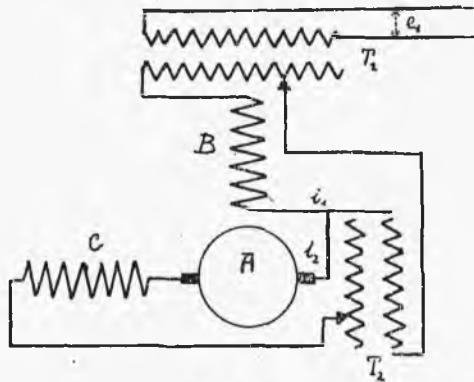
już wywołać zwiększenia strumienia magnetycznego. Jeżeli tak nie jest, to można stosować połączenie, jak na rys. 59-tym.

Strumień magnetyczny zależny jest przy takim połączeniu wyłącznie od prądu  $i_2$ ; prąd więc wtórny  $i_2$  może być kilkakrotnie większy. Połączenie to jest bardzo dobre, wymaga jednak dwu transformatorów.



Rys. 58.

Motor systemu Deri można puszczać w ruch bez pomocy transformatora, przesuwając ruchome szczotki. Przy przesuwaniu szczotek wzrasta początkowo strumień  $\Phi_y$ , do pewnej granicy poczem znowu maleje zbytniemu wzrostowi  $\Phi_y$  da się zapobiec przez nasycenie; przy nasyconym motorze nie może już strumień magnetyczny wzrastać, a zwiększa



Rys. 59.

się tylko liczba przewodników, przez które przepływa prąd, a zatem i moment obrotowy.

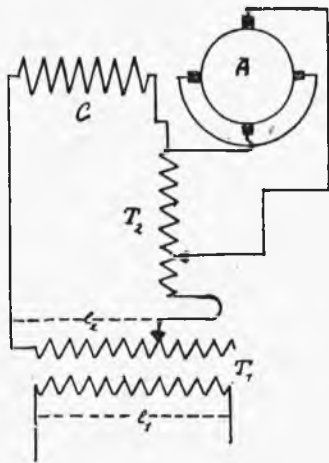
Zbytniemu wzrostowi strumienia  $\Phi_y$  można również zapobiedz włączając w obwód transformator. Przy ruszaniu włącza się wtedy niższe

napięcie i przesuwa szczotki; po dojściu do pewnej szybkości przesuwa się szczotki w położeniu 0, poczem zwiększa napięcie i znowu przesuwa szczotki.

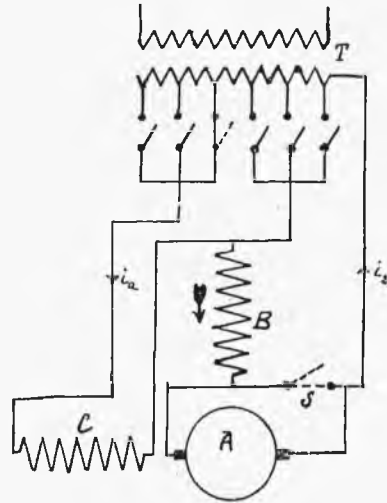
Dla motoru Winter-Eichberga niezbędne są dwa transformatory, a mianowicie, rys. 60-ty,  $T_1$  dla regulowania napięcia  $e_A$  i drugi  $T_2$  zwykle jednocewkowy, dla zmniejszenia strumienia magnetycznego  $\Phi_y$ .

Motory podwójnie zasilane mogą ruszać albo jako motory bezpośrednio zasilane ze zmniejszonym napięciem, albo też jako motory repulsyjne, jak n. p. na wykresie 56-tym.

Odpowiedni szemat widzimy na rys. 61-ym.



Rys. 60.



Rys. 61.

W chwili ruszania wyłącznik  $S$  jest zamknięty tak, iż twornik jest krótko zwarty; prąd  $i_a$  płynie z najmniejszego napięcia transformatora  $T$ . Motor rusza więc jako motor repulsyjny Atkinsona ze zmniejszonym napięciem statorowem. Później otwiera się wyłącznik  $S$  i motor pracuje jako podwójnie zasilany.

Przechodząc do technicznej oceny wyżej opisanych metod puszczenia w ruch motorów, zaznaczyć przedewszystkiem należy, że ta metoda będzie najlepsza, która będzie najprostsza, która zatem wymagać będzie najmniej przyrządów dodatkowych, a następnie ta, która wykaże najmniejsze zużycie energii przy ruszaniu.

Co do pierwszego wymagania, to na pierwszy rzut oka zdawałby się mówić nad innymi motor Deri, gdyż motor ten nie potrzebuje wogóle żadnego transformatora. Przewaga ta jest jednak tylko pozorna, gdyż wysokie napięcia, stosowane przy kolejach, wymagają w każdym

razie transformatora. Pod tym więc względem są wszystkie motory sobie mniej więcej równe.

Co do zużycia energii w chwili ruszania, to górują przede wszystkim wszystkie motory kolektorowe prądu zmiennego nad motorami prądu stałego, a to dzięki możliwości dowolnego zmniejszania napięcia przez transformatory, podczas kiedy przy prądzie stałym napięcie to musi być niszczone w opornikach. Przy prądzie stałym n. p. podwójnemu momentowi obrotowemu przy ruszaniu odpowiada podwójne natężenie prądu; natomiast motor prądu zmiennego, ruszający z  $\frac{1}{4}$  napięcia normalnego, przy strumieniu magnetycznym  $\Phi_y$ , równym strumieniowi przy pełnym obciążeniu i przy podwójnym prądzie w motorze  $i_2$ , da również podwójny moment obrotowy, weźmie jednak z sieci tylko połowę prądu, odpowiadającego pełnemu obciążeniu. Należy jednak pamiętać, że w chwili ruszania powstaje bardzo duże przesunięcie faz tak, że pozorna moc odbierania z sieci staje się wielka; wielkość przesunięcia faz jest różna dla różnych motorów.

W dobrze obliczonym motorze powinien być strumień magnetyczny  $\Phi_y$  raczej mniejszy w chwili ruszania, jak przy pełnym obciążeniu, gdyż napięcie  $E_b$ , szkodliwe dla iskrzenia, zrównoważa się w czasie biegu, ale nie przy ruszaniu. Osiągnąć to można, jak już widzieliśmy, tak obierając wysokie nasycenie przy pełnym obciążeniu, jako też włączając transformator, który zmniejsza prąd wzbudzający przy ruszaniu. Wynika z tego, że motory zasilane bezpośrednio, ruszające przy znacznie zmniejszonym napięciu, zużywają naogół znacznie mniej voltamperów, jak motory repulsyjne, które ruszają przy pełnym napięciu i wzmocnionym strumieniu magnetycznym.

Według obliczeń Niethammera i Siegel'a\*) zużycie voltamperów na kilogramometr momentu obrotowego wynosi przy ruszaniu:

dla motorów bezpośrednio i podwójnie zasilanych:

$$\frac{n}{8} \text{ do } \frac{n}{3} \text{ voltamperów} \quad (n = \text{ilość obrotów})$$

dla motorów z przesuwaniem szczotkami (Deri)

$$1,3 \text{ do } 2,2 \cdot n \text{ voltamperów.}$$

dla motorów Winter-Eichberg:

$$\frac{n}{5} \text{ do } \frac{4}{5} n \text{ voltamperów}$$

Ponieważ motory Deri muszą dla dobrej komutacji pracować normalnie w okolicach synchronizmu, przeto bywa zwykle ilość obrotów

---

\*) Elektrische Kraftbetriebe und Bahnen. Rocznik 1912, zeszyt 11 i 12.

odpowiedniej wielkości motorów bezpośrednio zasilanych, które temu ograniczeniu nie podlegają, przy jednakowej ilości okresów i biegunów, około 3 razy większa. Przyjawszy tę liczbę widzimy, że motory Deri zużywają 2,2 do 3,5 razy więcej voltamperów przy ruszaniu, jak motory bezpośrednio zasilane.

**6. Wysokość napięcia i ilość okresów.** Pożądane jest zawsze, aby motor mógł pracować przy możliwie wysokim napięciu, im bowiem mniejsze jest napięcie, tem przy danej mocy większy musi być prąd. Wielkie prądy w kolektorze wymagają dużych kolektorów i licznych szczotek, których tarcie zmniejsza współczynnik sprawności motoru. Przewody muszą być odpowiednio mocne, a przyrządy łączące stają się ciężkie i kosztowne.

Wysokość napięcia jest jednak ograniczona wymaganiem, aby siła elektrobodźcza  $E_k$ , powodująca iskrzenie (wywołana przez działanie transformatorowe) nie przewyższała 7, a najwyżej 10 voltów, w przeciwnym bowiem razie dobra komutacja byłaby niemożliwa. Ponieważ zaś  $E_k$  zależne jest od ilości okresów, przeto napięcie będzie mogło być tem większe, im mniejsza jest liczba okresów. H. Zipp \*) oblicza, że dla motorów bezpośrednio zasilanych napięcie nie powinno przewyższać:

150	voltów	przy	50	okresach
300	"	"	25	"
500	"	"	15	"

Przy motorach bezpośrednio zasilanych stosuje się zwykle napięcie 250—500 voltów.

Przy motorach repulsyjnych transformator, włączony w obwód wzbudzający i uniezależniający jego napięcie od napięcia wirnika pozwala na stosowanie wyższych napięć, do około 800 voltów; motory Deri mogą doskonale pracować przy jeszcze wyższych napięciach, do około 1200 voltów; stanowi to ważną ich zaletę.

Ilość okresów prądu ma dla pracy motorów ogromne znaczenie. Im mniejsza jest ilość okresów, tem mniejsze stają się straty indukcyjne w sieci zasilającej i w szynach. Natomiast transformatory stają się cięższe i kosztowniejsze. Razem ze zmniejszeniem liczby okresów zmniejszają się siły elektrobodźcze powodujące iskrzenie, komutacja więc staje się lepsza; przesunięcie faz staje się mniejszem, a przeto można powiększyć szczelinę, co znacznie ułatwia budowę motoru, a zwłaszcza łożysk.

---

\*) Elektrische Vollbahnlokomotiven.

Ogólnie można powiedzieć, że motory bezpośrednio zasilane pracują tem lepiej, im mniejsza jest ilość okresów. Natomiast motory repulsyjne pracują lepiej przy większej ilości okresów, gdyż większa częstotliwość ułatwia indukcyjne przeniesienie energii. Ponieważ jednak wraz ze zwiększeniem ilości okresów należy dla danej ilości obrotów zwiększyć ilość biegunów i szczotek, a zatem i średnicę kolektora, przeto ilość okresów i dla tych motorów nie może być zbyt wielka.

Zważywszy wszystko wyżej powiedziane, dochodzi się do wniosku, że dla trakcji wogóle pożądana jest mała ilość okresów. Stwierdza to w zupełności praktyka, która wykazuje, że z biegiem czasu zmniejszano stale ilość okresów, aż ostatecznie zatrzymano się w Europie na 15—16 $\frac{2}{3}$ , a w Ameryce na 25 okresach na sekundę. Liczby te spowodowane są tem, iż dla oświetlenia i przesyłania siły ogólnie stosowana jest w Europie ilość okresów 45—50, a w Ameryce, oprócz 60, często też 25, ilości więc okresów, przyjęte dla kolei, są  $\frac{1}{3}$  tych liczb. Ułatwia to przetwarzanie prądu, wytworzonego dla kolei, na prąd oświetleniowy i odwrotnie.

**7. Porównanie motorów.** Z wyżej opisanych różnych systemów praktyczne zastosowanie w kolejnictwie znalazły dotychczas tylko motory bezpośrednio zasilane w różnych połączeniach, z motorów zaś repulsyjnych tylko motory Deri i Winter-Eichberga oraz motory podwójnie zasilane.

Streszczając opisane już właściwości tych różnych motorów, można o ich zaletach i wadach powiedzieć, co następuje:

1) Motory bezpośrednio zasilane.

Przy małej ilości okresów motory te są lepsze od repulsyjnych; spółośczynnik sprawności jest większy i tem lepszy, im mniejsza jest ilość okresów. Ilość obrotów motoru nie jest ograniczona synchronizmem, komutacja jest dobra przy wszelkich prędkościach. Motory bezpośrednio zasilane mogą pracować bez żadnych zmian i przy prądzie stałym. Właściwość ta jest ważna zwłaszcza dla kolei dojazdowych, umożliwia bowiem wjeżdżanie pociągów do środka miasta po torach i sieciach tramwajowych, zasilanych prądem stałym. Układ połączeń jest prosty, regulowanie łatwe. Motory bezpośrednio zasilane odznaczają się najmniejszym zużyciem voltamperów przy ruszaniu.

2) Motory repulsyjne.

Motory te pracują lepiej przy większej ilości okresów, nadają się więc przede wszystkim tam, gdzie z tych lub innych powodów jest się zmuszonym posługiwać się prądem zmiennym o większej częstotliwości. Regulacja jest równie dobra, jak motorów bezpośrednio zasilanych, natomiast ilość obrotów jest ograniczona i nie może o wiele

przewyższać synchronicznej, gdyż komutacja staje się wadliwa powyżej synchronizmu. Przez odpowiednie regulowanie można zupełnie usunąć przesunięcie faz między prądem a napięciem w obwodzie pierwotnym, a nawet uczynić je ujemnem. Zużycie voltamperów przy ruszaniu jest większe, zwłaszcza przy motorach Deri. Natomiast napięcie przy zaciskach motoru może być wyższe jak przy motorach bezpośrednio zasilanych, a najwyższe przy motorach Deri.

### 3) Motory podwójnie zasilane.

Motory te łączą w sobie zalety motorów bezpośrednio zasilanych i motorów repulsyjnych i mogą ruszać, w zależności od potrzeby, już to jako motory bezpośrednio zasilane, już to jako motory repulsyjne. Natomiast układ ich połączeń jest znacznie bardziej złożony.

Profesor Ossanna z Monachium obliczył wymiary i wagi motorów bezpośrednio zasilanych i repulsyjnych w zależności od ich mocy przy 250 obrotach na minutę i prądzie o  $16\frac{2}{3}$  i 25 okresach przy jednakowem nagrzanu dla obu typów.\*) Wychodząc z założenia, że motor musi się mieścić w lokomotywie nie powiększając dozwolonego normalnego obrysu, dochodzi prof. Ossanna do wniosku, że maksymalna moc motoru w tych warunkach wynosi:

dla motorów repulsyjnych przy  $16\frac{2}{3}$  okresach około 800 koni, przy 25 okresach około 900 koni, a dla motorów bezpośrednio zasilanych przy  $16\frac{2}{3}$  okresach około 1600 koni.

Średnica twornika wynosi przy  $16\frac{2}{3}$  okresach i 800 koniach dla motoru repulsyjnego 1200 mm., przy 25 okresach 1057 mm., a dla motoru bezpośrednio zasilanego tylko 914 mm.; wagi miedzi wynoszą dla motoru repulsyjnego 2750 względnie 2250 kg., dla motoru bezpośrednio zasilanego 2000 kg.; waga czynnego żelaza 4500 kg. względnie 3250 kg. dla motoru repulsyjnego i 2750 kg. dla motoru bezpośrednio zasilanego. Moc na tonnę wagi materiału czynnego dla motoru repulsyjnego 110, względnie 145 koni, dla bezpośrednio zasilanego 168 koni.

Moc na jednostkę wagi jest dla motorów repulsyjnych w granicach 400 — 800 koni od mocy prawie niezależna, zwiększa się zaś szybko z rosnącą mocą dla motorów bezpośrednio zasilanych. Przy około 600 koniach jest ta moc na jednostkę wagi równa dla motoru repulsyjnego przy 25 okresach i bezpośrednio zasilanego przy  $16\frac{2}{3}$  okresach i wynosi około 142 koni.

Dla lokomotywy o 1600 koniach należałoby ustawić dwa motory repulsyjne, których waga całkowita wynosiłaby przy  $16\frac{2}{3}$  okresach około 26 tonn. Dwa równie silne motory bezpośrednio zasilane ważyłyby około 21 tonn, jeden zaś 1600 konny motor ważyłby tylko 16 tonn.

\*) Elektrotechnische Zeitschrift. Rocznik 1911, str. 581 i 614.

Prof. Ossanna wprowadza w swych wyliczeniach „stopień nadsynchronizmu“ czyli stosunek  $\frac{p}{f} \cdot \frac{n}{60}$ , oznaczając przez  $p$  ilość par biegunów, przez  $n$  ilość obrotów na minutę a przez  $f$  ilość okresów. Wypowiadając się na razie stanowczo za motorami bezpośrednio zasilanymi, widzi główną ich zaletę w nieograniczonym stopniu nadsynchronizmu, który wynosi zwykle 3—4, musi zaś być bliski 1 przy motorach repulsyjnych, a to ze względu na komutację. Prof. Ossanna jest zdania, że motory repulsyjne dorównają bezpośrednio zasilanym pod względem wymiarów i wagi z chwilą, kiedy uda się i dla nich zastosować podobny stopień nadsynchronizmu, co jednak jest dziś jeszcze niemożliwe, pomimo wszelkich wysiłków i prób czynionych w tym kierunku.

Wybór najodpowiedniejszego typu motoru zależy przede wszystkim od warunków miejscowych, zaznaczyć jednak należy, że każdy dobrze obliczony i zbudowany motor pracować będzie zadawalająco; niemałą więc rolę przy obiorze systemu motorów gra zawsze upodobanie projektującego, względnie wykonywującej fabryki.

**8. Regulowanie ilości obrotów.** Ilość obrotów motorów kolektorowych prądu zmiennego można regulować dwoma sposobami, a mianowicie: albo zmieniając napięcie na zaciskach motoru, albo też zmieniając strumień magnetyczny. Drugi ten sposób przedstawia jednak zawsze, za wyjątkiem motorów z przestawianymi szczotkami, pewne trudności i wymaga zastosowania dodatkowych transformatorów. Toteż tak przy motorach zasilanych bezpośrednio, jak i przy motorach repulsyjnych, stosowane bywa przeważnie regulowanie przez zmianę napięcia na zaciskach. Jak to już zaznaczone nie powoduje taka regulacja dodatkowych strat, jak przy prądzie stałym, gdzie napięcie na zaciskach zmniejszać możemy tylko przez włączenie oporników; skutkiem tego zbyteczne stają się kombinacje połączeń motorów między sobą (szeregowo i równolegle), bocznikowanie i t. p., a cała regulacja jest znacznie prostsza od regulacji przy prądzie stałym.

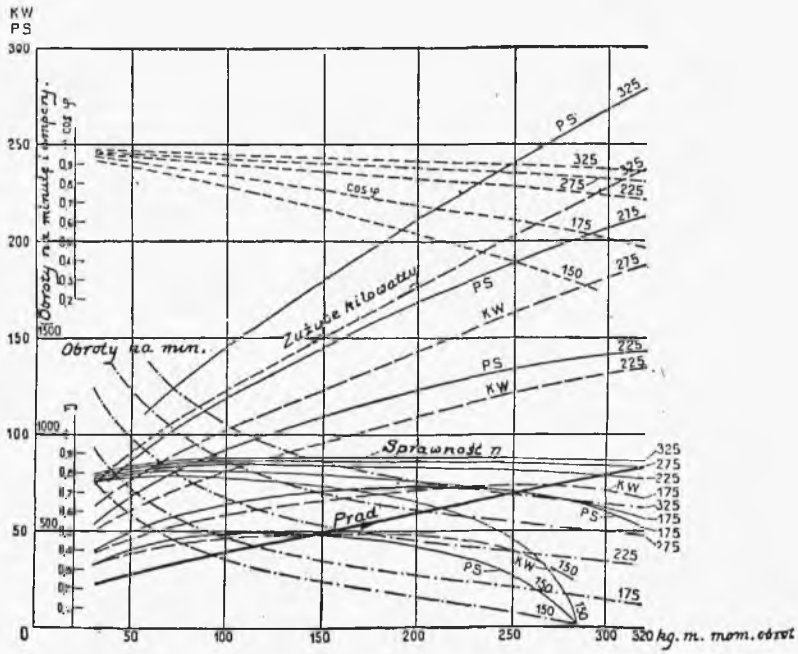
Dla ilości obrotów  $n$ , przy danym momencie obrotowym i niezmiennym strumieniu magnetycznym da się wyprowadzić przybliżone równanie:

$$n = C \cdot e_1$$

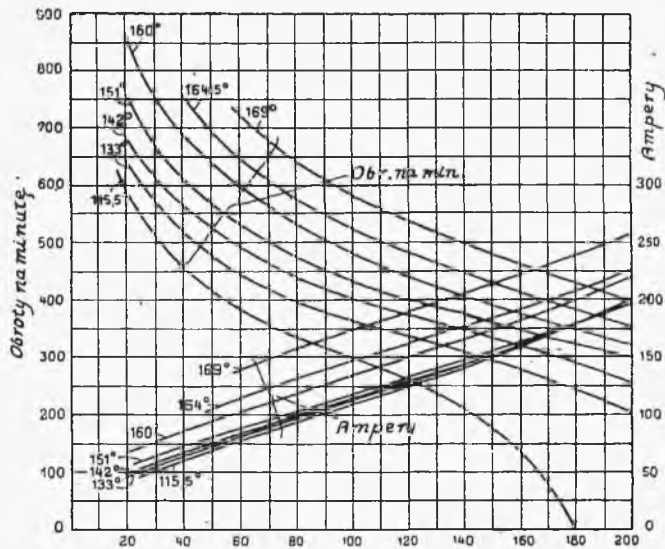
co można tak wyrazić: przy danym momencie obrotowym jest ilość obrotów w pewnym stałym stosunku do napięcia na zaciskach i zmienia się razem z niem.

Przy motorach z przestawianymi szczotkami, a zatem motorach Deri, odpowiada każdemu położeniu szczotek inny strumień magnetyczny,



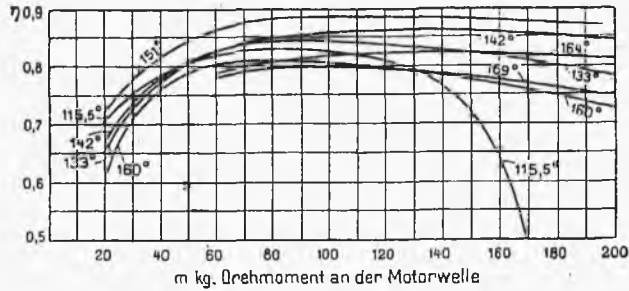


Rys. 62.



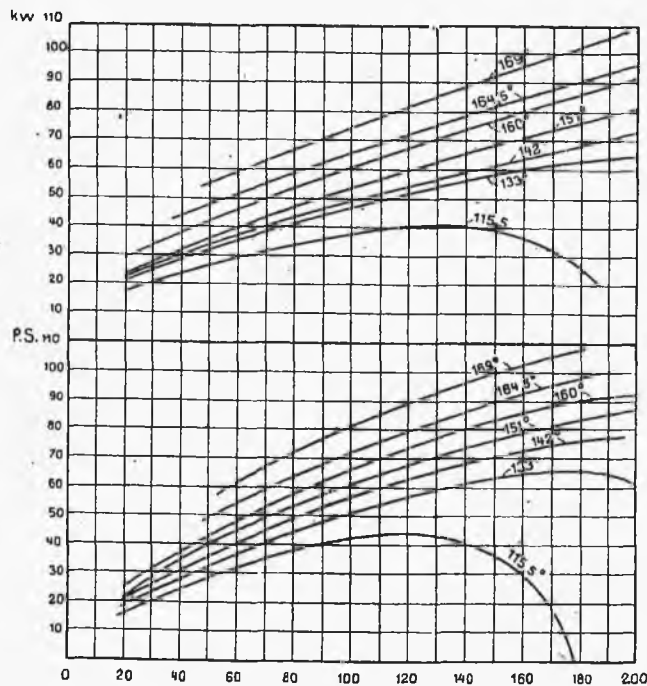
Rys. 63.

regulowanie więc uskutecznia się tu przez zmianę strumienia magnetycznego, bywa jednak przeważnie połączone z regulowaniem przez zmianę napięcia.



Rys. 64.

Na rys. 62-gim widzimy wykresy motoru bezpośrednio zasilanego fabryki Siemens-Schuckert 250 kg. momentu obrotowego przy 700 obrotach, 325 voltów przy napięciach 150, 175, 225, 275 i 325 voltów.

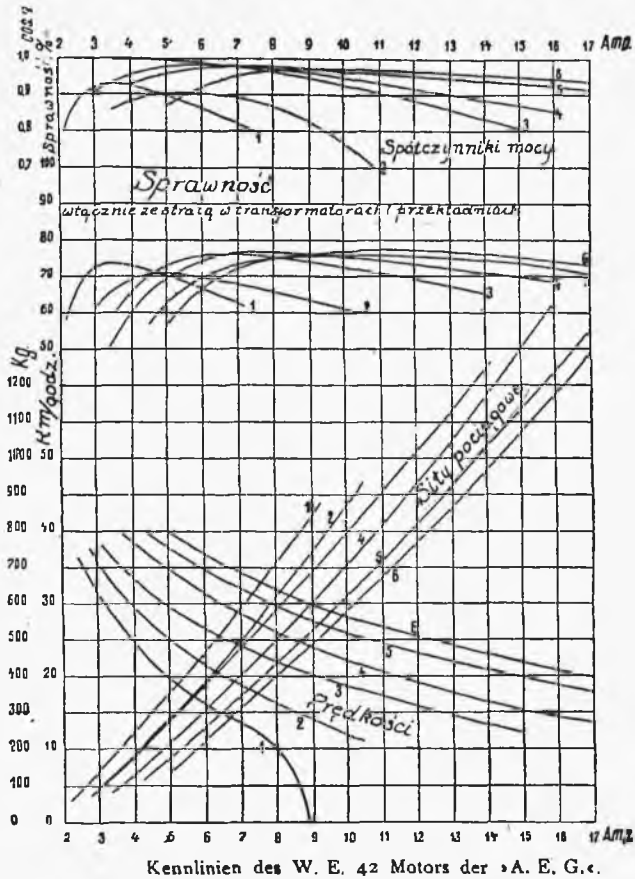


Rys. 65.

Rys. 63-ci, 64-ty i 65-ty uwidaczniają wykresy motoru Deri firmy Oerlikon przy różnych położeniach szczotek. Wpisane w wykresach kąty są kątami pomiędzy szczotkami stałymi a ruchomymi, a zatem  $180-2\beta$ ,

jeżeli kąt przesunięcia szczotek od ich położenia początkowego nazwiemy  $\beta$ .

Rys. 66-ty przedstawia wykresy motoru Winter-Eichberg Powszechnego Towarzystwa Elektryczności przy różnych napięciach, a mianowicie: 1 — 355 voltów, 2 — 398 voltów, 3 — 436 voltów, 4 — 573 voltów, 5 — 622 voltów i 6 — 622 voltów z włączeniem biegunów zwrotnych.



Rys. 66.

Kierunek biegu zmieniać można zmieniając kierunek prądu w uzwojeniach wzbudzających, albo też w tworniku; zwykle stosowany bywa sposób pierwszy, przyczem muszą być oczywiście odpowiednio przełączone również i uzwojenia wyrównawcze i zwrotne. Przy motorach z przesuwaniem szczotkami skutecznia się zmianę kierunku przesuwając szczotki w przeciwną stronę od położenia początkowego.

**9. Hamowanie i odzyskiwanie energii.** Razem z wprowadzeniem trakcji elektrycznej nasuwała się samo przez się myśl nie niszczenia, względnie zamieniania na ciepło, energii zbędnej przy jeździe z góry, ale zamiany jej na energję elektryczną, któraby mogła zasilać n. p. inne pociągi idące pod górę. Sprawa cała przedstawia się na pierwszy rzut oka bardzo łatwo i ponętnie; motor elektryczny, napędzany zewnętrzną siłą mechaniczną może się naogół stać prądnicą, zdawałoby się więc rzeczą prostą użyć motory lokomotywy jako prądnice napędzane przez osie maszyny toczącej się po pochyłości.

Pierwsze już jednak próby zastosowania tej teoretycznie prostej zasady natrafiły na znaczne bardzo trudności, kiedy spróbowano przejść z właściwego elektrycznego hamowania, przy którym wytworzony prąd zostaje zamieniony na ciepło, na odzyskiwania energii, t. j. posyłanie tego prądu do sieci zasilającej. Dalej ściśle obliczenia pokazały, że w normalnych warunkach da się faktycznie odzyskać tylko nieznaczną część energii, której wartość rzadko tylko może opłacić komplikacje, jakie pociąg za sobą praktyczne wykonanie urządzeń dla odzyskiwania energii. Poza to może odzyskiwanie energii stać się nawet zupełnie nie pożądane, n. p. przy krótkich linjach o małej liczbie pociągów; zdarzyć się tu bowiem łatwo może, że zjeżdżający z góry pociąg przesyła energję do linii wtedy, kiedy zapotrzebowania jej wcale niema, gdyż inne pociągi właśnie stoją. Należy wtedy ustawiać na elektrowni specjalne oporniki, któreby energję tę zamieniały na ciepło.

Trudności te spowodowały, że tak bardzo na razie popularna myśl odzyskiwania energii, znalazła tylko rzadko praktyczne zastosowania.

Dopiero w najnowszych czasach nastąpił znowu zwrot w opinii fachowej na korzyść odzyskiwania energii, przyczem jednak wartość odzyskanej energii schodzi na plan drugi, główną zaś zaletę upatrują w oszczędności klocków hamulcowych i obręczy kół, daleko równiejszym biegu pociągów z góry i możności stosowania przy jeździe z góry znacznie większych prędkości. Rzecz idzie o to, że hamulce pneumatyczne nie pozwalają zwykle na wyregulowanie pewnej stałej prędkości, ale działają tak, że pociąg nabiera pewnej zbyt wielkiej prędkości, poczem przyhamowuje się aż do zbyt małej, nabiera znowu zbyt wielkiej i t. d.; nagrzanie klocków i obręczy nie pozwala na zbyt wielką prędkość i wymaga często dłuższych postojów dla ochłodzenia.

Dalej nieuzasadniony okazał się zarzut, jaki czyniono odzyskiwaniu, a mianowicie, że wymaga ono zastosowania większych motorów, gdyż te nie mogą ochładzać się przy jeździe z góry; może to być słuszne, jeżeli motory zostają obliczone, jak przy tramwajach, na jednogodzinne obciążenie, co początkowo robiono i dla kolei. Takie jednak obliczanie jest oczywiście dla kolei niedopuszczalne; motory muszą tu

być obliczone na obciążenie ciągłe, a zatem nie będą się nadmiernie nagrzewały nawet przy odzyskiwaniu energii.

Najłatwiejsze jest odzyskiwanie przy prądzie zmiennym trójfazowym, gdyż jest ono tu zupełnie automatyczne i nie wymaga żadnych dodatkowych przyrządów ani połączeń. W miarę zmniejszania się obciążenia, zmniejsza się poślizg motorów; przy poślizgu = 0, t. j. przy szybkości synchronicznej, jest i prąd, = 0, a skoro szybkość jeszcze wzrośnie i poślizg stanie się ujemny, to prąd zmienia swój kierunek; motor pracuje teraz jako generator, oddając prąd do sieci.

Ilość odzyskanej energii zależna jest oczywiście od profilu linii i z góry dla wszelkich linii określić się nie da. Próby wykonane we Włoszech na kolei elektrycznej Giovi, na odcinku, leżącym na pochyłości 35‰ pokazały, że przy jeździe z góry odzyskuje się 48—54% energii zużytej na jazdę pod górę.

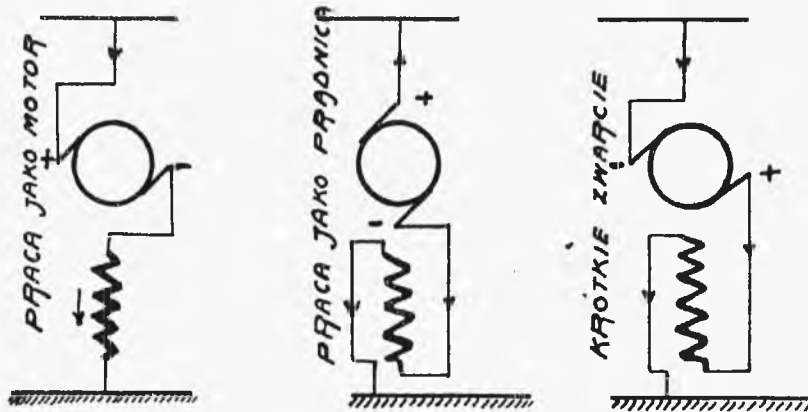
Wadą odzyskiwania energii przy prądzie trójfazowym jest to, że odzyskiwanie zmniejsza dość znacznie współczynnik mocy całej sieci. Motory, pracujące jako generatory, zużywają tyle samo prądu magnetyzującego bezwartowego, jak pracując jako motory; prąd bezmocny sieci pozostaje więc taki sam, jakgdyby wszystkie motory brały prąd z sieci; prąd mocny jednak stanowi tylko różnicę prądu, zużytego przez motory i oddanego przez generatory, jest więc tem mniejszy, im więcej motorów pracuje jako generatory; ponieważ stosunek prądów bezmocnego i mocnego określa współczynnik mocy, przeto ten zmniejsza się znacznie

**10. Prąd stały.** Do niedawna panowało ogólnie przekonanie, że prąd stały nie nadaje się wogóle do odzyskiwania energii. Wprawdzie działałby motor bocznikowy przy jeździe z góry w sposób zupełnie podobny do działania motorów trójfazowych, motor ten jednak nie nadaje się, jak wiemy, z innych powodów dla trakcji.

Motor szeregowy odłączony od sieci i napędzany przez koła staje się również prądnicą i może prąd oddawać; odpowiednie urządzenie nie przedstawia żadnej trudności i znalazło szerokie zastosowanie przy elektrycznym hamowaniu, o którym już mówiliśmy w poprzednich rozdziałach. Postać rzeczy zmienia się jednak zupełnie, jeżeli prąd ten wytworzony przez motor chcemy nie niszczyć w opornikach, lecz posyłać do sieci.

Napięcie na zaciskach generatora szeregowego, w jaki zamienia się motor, wzrasta wraz z wzrastającym prądem; ilość prądu, jaką motor pracujący jako generator oddaje do sieci, zależy od różnicy napięcia generatora i tej sieci. Jeżeliby więc w czasie odzyskiwania energii napięcie na sieci zmniejszyło się z jakichbyś powodów (n. p. ruszanie innego pociągu w pobliżu), to zwiększyłyby się i prąd oddawany do sieci, a wraz z nim napięcie generatora; zwiększenie napięcia spowodowałoby

dalszy wzrost prądu i t. d. bez praktycznej granicy. Jeżeli naodwrot napiecie na linii wzrośnie choćby nieznacznie, to temsamem zmniejsza się prąd oddawany do sieci, a z nim i napiecie motorów pracujących jako generatory, co powoduje dalsze zmniejszenie napiecia i prądu, aż prąd ten stanie się = 0; potem przeważa napiecie sieci i motory zaczynają brać prąd. Ponieważ jednak tak dla hamowania, jak i odzyskiwania energii, magnesy motorów muszą zawsze być przełączone, a to aby zapobiec odmagnetyzowaniu przez prąd płynący w przeciwnym kierunku, przeto powstałoby teraz potężne krótkie zwarcie z napieciem bliskiem podwójnego normalnego, rys. 67-my.



Rys. 67.

Dopiero w ostatnich latach udało się trudności te pokonać i zastosować w praktyce prąd stały do odzyskiwania energii. Amerykańska fabryka General Electric Co. zastosowała pierwsza na szeroką skalę odzyskiwanie energii przy kolei Chicago Milwaukee and St. Paul, która została zelektryfikowana w roku 1914 prądem stałym o napieciu 3000 voltów.

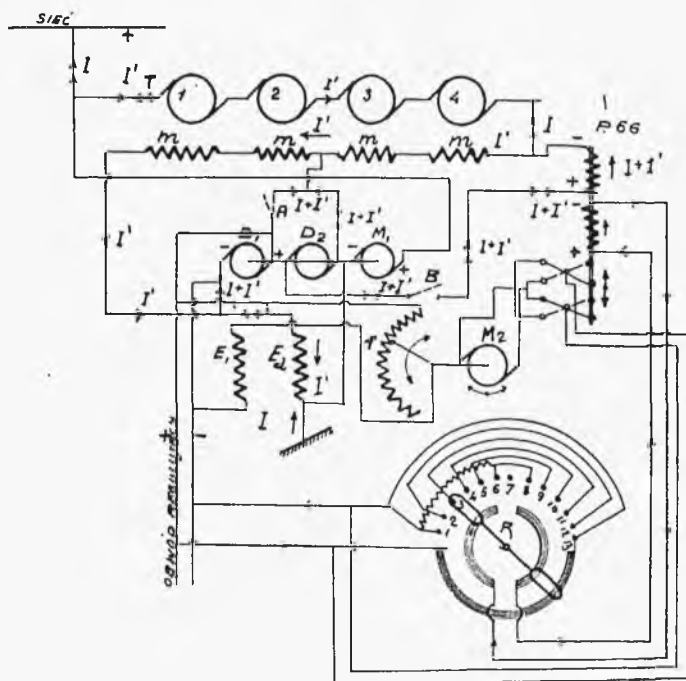
Zasadniczo polega system, zastosowany przez General Electric Co. na oddzielnem dodatkowym wzbudzaniu motorów tak, aby wzbudzanie to słabło z rosnącym prądem i zwiększało się z malejącym. Uproszczony układ połączeń uwidoczniiony jest na rys. 68-mym.

Lokomotywy kolei Chicago Milwaukee and St. Paul składają się z dwu połów jednakowych, każda z 4 motorami po 400 koni, które mogą być łączone albo w szereg, albo parami w szereg i równolegle. Na rysunku uwidoczniiona jest tylko jedna połowa z 4 motorami 1, 2, 3, 4, połączonymi w szereg.

Na lokomotywie znajduje się mała przetwornica złożona z motoru na 3000 voltów  $M_1$ , osadzonego na wspólnym wale z dwoma prądnicami  $D_1$  i  $D_2$ ; na tymże wale siedzi jeszcze wentylator, dostarczający powie-

trza dla chłodzenia motorów. Przetwornica ta dostarcza prądu tak dla regulowania, jak i oświetlenia, oraz przy odzyskiwaniu energii, dla dodatkowego wzbudzenia motorów.

Jeżeli motory pracują napędzając koła, t. j. biorąc prąd z linii, to wyłączniki  $A$  i  $B$  są otwarte i prąd  $I'$  płynie w kierunku oznaczonym strzałkami od sieci przez motory 1, 2, 3, 4, uzwojenia magnesowe tych motorów mm., uzwojenie wzbudzające przetwornicy  $E_d$  do szyn. Prądnica  $D_2$  jest wyłączona, a  $D_1$  dostarcza prądu pod napięciem 120 voltów do obwodu regulującego i oświetleniowego. Przechodząc na odzy-



Rys. 68.

skiwaniu energii odłącza się przede wszystkim motory od sieci i zamyka wyłączniki  $A$  i  $B$ , a temsamem włącza w szereg z  $D_1$  prądnicy  $D_2$ . Przetwornica posyła teraz prąd przez uzwojenia magnetyczne motorów głównych mm. w tym samym kierunku co  $I'$ ; skoro powstająca w motorach siła elektrobodźcza przewyższa nieco napięcie linii, motory zostają włączone na sieć samoczynnie i zaczynają pracować jako generatory, oddając prąd do linii; prąd ten  $I$  płynie w kierunku przeciwnym, oznaczonym na rysunku podwójną strzałką, działa więc odmagnetyzująco. Przetwornica daje prąd  $I + I'$  tak, że przez magnesy płynie w kierunku normalnym prąd  $I'$ . Przy stałym natężeniu prądu przetwornicy

$I + I'$  zmniejsza się teraz wzbudzenie w miarę zwiększania prądu odzyskiwanego  $I$  i naodwrot — zwiększa w miarę zmniejszania  $I$ , co zapobiega w zupełności niebezpieczeństwu tak przeciążenia, jak i zniknięcie wzbudzania, przemagnetyzowania i krótkiego zwarcia.

Prądnicą wzbudzająca ma dwa uzwojenia magnetyczne, główne bocznikowe  $E_1$  i dodatkowe  $E_d$ , włączone w obwód główny tak, że prąd odzyskiwany  $I$  osłabia działanie  $E_1$ , czyli zmniejsza wzbudzenie, a zatem i prąd  $I + I'$ ; zwiększa to jeszcze bardziej stałość działania całego urządzenia.

Przekaznik  $P$  66 ma dwa uzwojenia; szeregowe, włączone w obwód wzbudzający główny, i bocznikowe zasilane z obwodu regulującego i jest tak zbudowany, że utrzymuje rdzeń swój w środkowym położeniu przy pewnej z góry określonej i stałej ilości amperozwojów. Skoro tylko suma amperozwojów obu uzwojeń razem odchyli się w jedną lub drugą stronę od tej ustalonej normy, to rdzeń odpowiednio się przesuną (na rysunku w dół lub górę) i włącza w obwód regulujący motorek  $M_2$ , który obracając się w prawo lub lewo wyłącza lub włącza opory „ $r$ ” w obwód uzwojenia  $E_1$ , a zatem wzmacnia lub osłabia wzbudzenie przetwornicy, a temsamem zwiększa lub zmniejsza prąd  $I + I'$ , aż nastąpi równowaga.

Specjalna, oddzielna rączka na regulatorze  $R$  pozwala włączać lub wyłączać opory w szereg do uzwojenia bocznikowego przekaznika  $P$  66. Przy większym oporze będzie oczywiście prąd słabszy, dla równowagi będzie więc musiał być prąd  $I + I'$  mocniejszy, czyli motory będą oddawały więcej prądu do linii i naodwrot. Jak widać z rysunku, uzwojenia bocznikowe przekaznika  $P$  66 działają dla pierwszych 6-ciu położzeń rączki regulatora w tym samym kierunku, jak uzwojenia szeregowe, przy czym włączone opory zwiększają się stopniowo; w położeniu 7 jest uzwojenie bocznikowe zupełnie wyłączone tak, że działa tylko szeregowe, w dalszych 6-ciu położeniach (położenie dla odzyskiwania jest ogółem 13), działają uzwojenia bocznikowe w kierunku przeciwnym, osłabiając działanie szeregowe, przyczem opory zmniejszają się stopniowo. Każdemu więc położeniu rączki regulatora odpowiada pewne, ściśle określone natężenie prądu odzyskiwanego i to niezależnie od prędkości pociągu i pochyłości, na jakiej się on znajduje.

Przekaznik, który włącza samoczynnie motory w linię skoro napięcie ich dostatecznie wzrośnie (na rysunku nie oznaczony), odłącza je również samoczynnie, skoro tylko napięcie to przewyższy pewną normę. Rączkę odzyskiwania energii można przestawiać tylko przy położeniu korby głównej, odpowiadającym połączeniu szeregowemu motorów bez oporów (jak na rysunku) lub równoległemu również bez oporów. Odzyskiwać więc energję można tak przy połączeniu szeregowem (mniejsza prędkość)



kość), jak i równoległym (większa prędkość), przechodzić jednak z jednego połączenia w drugie w czasie odzyskiwania nie można.

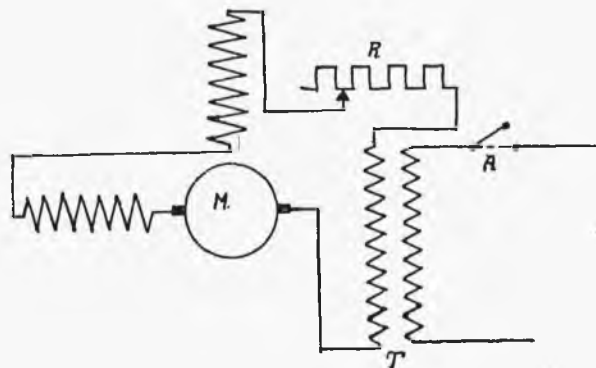
Zupełnie podobne urządzenie mają najnowsze 12 motorowe lokomotywy General Electric Co.; cała różnica polega na tem, że na odzyskiwanie pracuje tylko 8 motorów, podczas kiedy pozostałe 4 dają potrzebny prąd wzbudzający, zastępując częściowo przetwornicę, która skutkiem tego może być znacznie mniejsza

Zupełnie inne wykonanie, aczkolwiek oparte na tej samej zasadzie, mają lokomotywy Westinghaus Electric Co.

Prąd oddawany przez motory do linii i prąd wzbudzający z oddzielnej prądnicy, napędzanej przez jedną z osi potocznych, płynie tu w tym samym kierunku. W obwód główny włączony jest opór dodatkowy, wynoszący około 40% oporu uzwojeń magnesów. Prądnica wytwarza napięcie, równe stracie omowej powstającej w uzwojeniach magnetycznych i oporze dodatkowym przy przepływanu sumy prądu oddawanego do linii i wzbudzającego. Jeżeli więc n. p. napięcie na linii spada, to prąd oddawany do linii rośnie, ale równocześnie rośnie i strata w oporach, a zatem maleć musi prąd wzbudzający i t. d. Dynamo wzbudzane jest oddzielnie z baterji akumulatorów, wzbudzanie można regulować przestawiając specjalną rączkę regulatora.

Urządzenia te działają znakomicie; prędkość pociągów na pochyłościach raz nastawiona pozostaje zupełnie stała, a oszczędność obręczy i klocków jest bardzo znaczna. Co do ilości odzyskanej energii, to na kolei Chicago Milwaukee and St. Paul wynosi ona około 12% ogólnie zużytej.

**11. Prąd zmienny jednofazowy.** Wszystkie motory kolektorowe prądu zmiennego dają się w zasadzie użyć do elektrycznego hamowania. Jeżeli w obwód motoru bezpośrednio zasilanego  $M$ , rys. 69-ty, włączyć opór  $R$ , a równocześnie odłączyć transformator  $T$  od sieci przez otwarcie wyłącznika  $A$ , to motor napędzany przez oś wzbudza się jako motor prądu stałego i oddaje prąd stały przez wtórne uzwojenie transformatora do opornika; następuje więc hamowanie, którego siłę można regulować zmieniając wielkość oporu  $R$ .

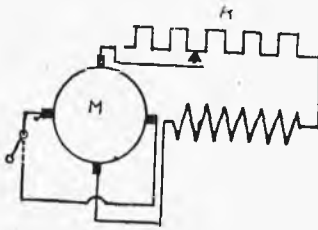


Rys. 69.

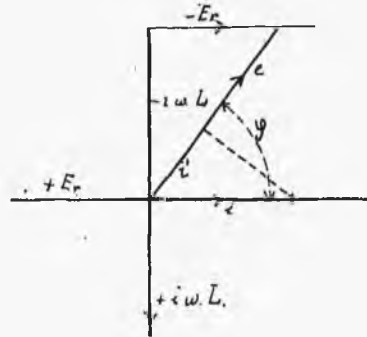
Również i motory z krótko zwartymi szczotkami mogą służyć do hamowania; potrzeba tylko wbudować w połączenie szczotek wyłącznik, który otwiera się przy hamowaniu. Tak n. p. motor Winter-Eichberga, rys. 70-ty, zamienia się w prądnicę szeregową oddającą prąd do oporu  $R$ .

Motory kolektorowe prądu zmiennego umożliwiają zasadniczo także odzyskiwanie energii. Teoretycznie może każdy motor kolektorowy prądu zmiennego oddawać energję do sieci, w praktyce jednak rzecz ta nie jest bynajmniej tak prosta.

W uproszczonym diagramie wektorowym motoru bezpośrednio zasilanego,



Rys. 70.



Rys. 71.

rys. 71-szy (opuszczone wszelkie straty), napięcie na zaciskach składa się z dwu składowych:  $-E_\beta$  i  $-E_r$  ( $E_\beta = i \cdot \omega \cdot L =$  napięcie na zaciskach nieobracającego się motoru,  $E_r =$  siła elektrodźwiza, powstająca skutkiem obracania się motoru).

Składowa watowa prądu  $i$ ,  $i'$  jest zgodna co do kierunku z napięciem  $e$ , motor bierze więc pracę z sieci. Jeżeli jednak przełączyć uzwojenia wzbudzające, nie zmieniając kierunku obrotu motoru, to napięcie  $E_r$  zmienia swój kierunek, a wykres rys. 71-szy zmienia się w wykres rys. 72-gi, napięcie  $e$  wyprzedza prąd więcej jak o  $90^\circ$ ,  $\varphi$  staje się kątem rozwartym,  $i'$  jest co do kierunku przeciwne  $e$ , maszyna więc oddaje pracę do sieci.

Ponieważ jednak zaciski motoru są ze sobą połączone przez wtórne uzwojenie transformatora, przeto motor działa równocześnie jako samowzbudzająca się prądnicą prądu stałego. Wytworzony w ten sposób prąd stały wzrasta tak długo, aż nie nastąpi nasycenie, co zwykle miewa miejsce dopiero przy dużych wartościach prądu; dopiero potem zaczyna się właściwe oddawanie energii. Praktycznie jest takie oddawanie energii prawie iluzoryczne, gdyż, jak to wykazał A. Scherbius\*), można w ten sposób oddawać do sieci zaledwo 2—3% mocy motoru. Przedewszystkiem więc należy uniemożliwić, względnie zrównoważyć, samo-

\*) Elektrotechnische Zeitschrift. Roczник 1912, str. 1264.

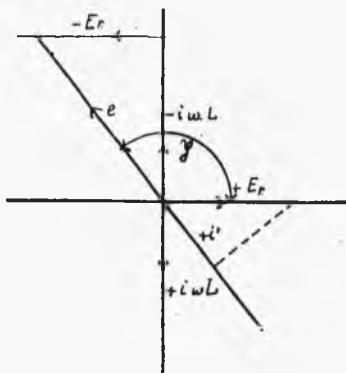
wzbudzenie motoru prądem stałym. W tym celu obmyślano kilka sposobów, jak n. p. proponowane przez A. Scherblinga dodanie transformatora podług rys. 73-go.

W takim połączeniu staje się samowzbudzenie się prądem stałym niemożliwe, ale zato całe urządzenie komplikuje się znacznie przez dodanie oddzielnego transformatora.

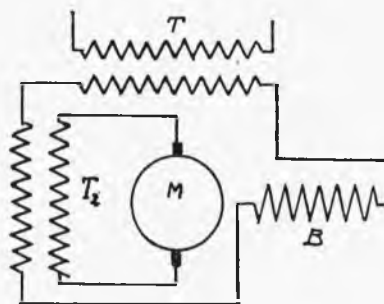
Podług prób wykonanych przez A. Scherblinga można w ten sposób oddawać do sieci do 50% mocy.

Oczywiście proste włączenie oporu podług rys. 69-ego zmniejsza też samowzbudzenie się, ale włączony opornik pochłania znaczną część odzyskiwanej energii.

Odzyskiwanie energii jest łatwiejsze przy motorach repulsyjnych; transformator dodatkowy staje się tu zbędny, gdyż wytwarza go sam



Rys. 72.

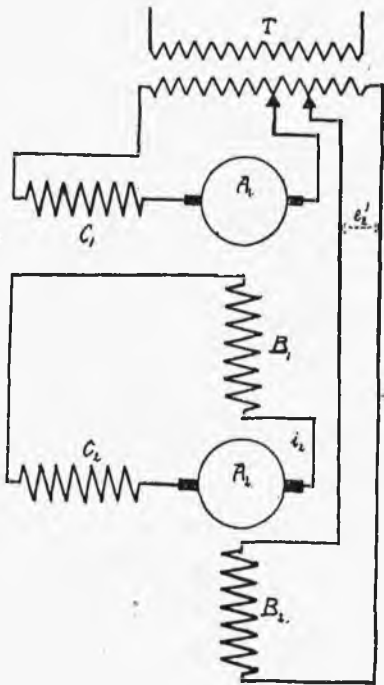


Rys. 73.

wirnik. Zamiast prądu stałego powstaje tu prąd zmienny o ilości okresów zwykle zupełnie różnej od ilości okresów prądu w sieci. Dla przeszkodzenia powstawaniu tego prądu obmyślono też kilka sposobów. Podług A. Fraencła można przy motorach repulsyjnych odzyskiwać do 50% energii.

Przy dwu motorach daje się zastosować połączenie opatentowane przez Osnos'a, uwidocznione na rys. 74-ym.

Uzwojenie  $B_2$  drugiego motoru zasila się częścią  $e'_2$  wtórnego napięcia transformatora  $T$  tak, że płynący przez  $B_2$  prąd  $i_1$  jest o  $90^\circ$  opóźniony względem  $e'_2$ , a zatem i całkowitego napięcia wtórnego  $e_2$ . W tworniku  $A_2$  powstaje siła elektrodźwiczca  $E_2$ , zgodna co do fazy z prądem  $i_1$ , która ze swej strony wywołuje w uzwojeniu  $B_1$  pierwszego motoru prąd  $i_2$  opóźniony o  $90^\circ$  względem  $E_2$ ; w tworniku przeto pierwszego motoru powstaje siła elektrodźwiczca, będąca w fazie z prądem  $i_1$ , a opóźniona o  $180^\circ$  względem  $e_2$ , albo też zgodna co do fazy z  $e_2$ , przy



Rys. 74.

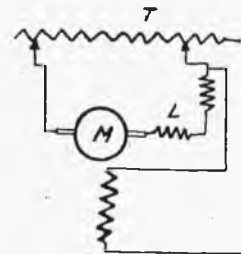
nak zwykle komplikacje w układ połączeń i wymaga zastosowania dość kosztownych dodatkowych przyborów.

We Francji Towarzystwo Chemins de fer du Midi zastosowało z pewnem powodzeniem następujący układ:

motory lokomotywy, które są motorami bezpośrednio zasilanymi szeregowymi, wzbudzone zostają dla odzyskiwania energii oddzielnie prądem, wytworzonym w specjalnem uzwojeniu motoru repulsyjnego, służącego do napędu wentylatora chłodzącego motory główne. Specjalne to uzwojenie umieszczone jest na statorze tego motoru prostopadle do uzwojenia głównego, wytwarza przeto napięcie, przesunięte o  $90^\circ$  względem napięcia linii. Tak wytworzony prąd wzbudzający wywołuje w motorach głównych powstanie siły elektrobodźczej, będącej w fazie z napięciem sieci. Urządzenie to działa dość dobrze, dając współczynnik mocy dla prądu oddawanego do linii około 0,5, może jednak działać dopiero przy dość znacznych prędkościach.

odpowiedniemu połączeniu  $B_2$ . Można więc przyłączyć twornik pierwszego motoru do odpowiedniego stopnia napięcia transformatora i w ten sposób oddawać prąd do sieci.

Można też stosować dla odzyskiwania energii oddzielne bocznikowe wzbudzenie motorów. Szczegółowe opisywanie wszystkich sposobów proponowanych dla umożliwienia odzyskiwania energii za daleko by nas jednak zaprowadziło. Opisywanie takie uważamy tembardziej za zbyt liczne, że zdania co do ich skuteczności są podzielone i że różni autorzy dochodzą często w swych wywodach do zupełnie sprzecznych wyników. Poprzestaniemy przeto na paru już w praktyce zastosowanych sposobach, zaznaczając, że ogólnie mówiąc odzyskiwanie większej lub mniejszej części energii jest przy motorach kolektorowych prądu zmiennego zawsze możliwe, wprowadza jed-



Rys. 75.

Towarzystwo Akcyjne Oerlikon zastosowało w najnowszych swych lokomotywach dla kolei Gothardzkiej (1919 — 1920) układ, który ma działać doskonale, rys. 75-ty.

Motory zostają wzbudzone oddzielnie z odgałęzienia głównego transformatora  $T$ . W szereg z motorami zostaje włączona silna cewka indukcyjna  $L$ , która przesuwając prąd o tyle, że uzyskuje się współczynnik mocy około 0,7. Odzyskiwanie reguluje się, regulując napięcie wzbudzające.

Urządzenie to ma być stosowane nie tylko przy jeździe z góry, lecz i dla hamowania na stacjach. Wyników eksploatacyjnych brak jednak jeszcze. Całe urządzenie dla odzyskiwania energii dla 2500 HP. lokomotywy waży około 5 ton, podczas kiedy oporniki dla elektrycznego hamowania ważyłyby nie mniej, niż 10 ton.

## ROZDZIAŁ XVI.

### Lokomotywy elektryczne.

**1. Moc lokomotywy.** Lokomotywy racjonalniej i dogodniej jest charakteryzować nie ich mocą, lecz siłą pociągową, jaką mogą rozwijać przy różnych prędkościach. Ta siła pociągowa może być mierzona albo na obwodzie kół pędnych, albo też u haka pociągowego. Siła pociągowa u haka równa jest sile pociągowej na obwodzie kół zmniejszonej o siłę zużytą na pokonanie oporu trakecji samej lokomotywy. W Europie podawana bywa przeważnie siła pociągowa na obwodzie kół, w Ameryce zaś — na haku; należy pamiętać o tem, porównywując ze sobą różne lokomotywy.

Siła pociągowa, jaką może rozwinąć lokomotywa, ograniczona jest, jak wiemy, oprócz siłą motorów, siłą przyczepności, gdyż nie może nigdy przewyższać wartości:  $W' \cdot a$ .

$W'$  = waga przyczepności,

$a$  = współczynnik przyczepności.

Wobec praktycznie jednostajnego momentu obrotu motorów elektrycznych, współczynnik  $a$  ma większą wartość dla lokomotyw elektrycznych, jak dla parowozów, i może łatwo osiągnąć wielkość 0,3; dla pełnego biegu można z wszelkiem bezpieczeństwem liczyć 0,2.

Budowa torów, przejazdów, mostów i t. p. wymaga, aby obciążenie osi nie przekraczało pewnej normy. Norma ta wynosi w Europie naogół około 16—17 tonn, we Francji nieco więcej, bo 18 tonn, w Ameryce zaś 25—30 tonn. Jedna więc oś pędna może rozwinąć siłę pociągową

w pełnym biegu  $0,2 \cdot 17000 = 3400$  kg. Jeżeli przeto mamy rozwinąć n. p. siłę pociągową na obwodzie kół 8000 kg., to odpowiednia lokomotywa w Europie musi mieć 3 osie pędne.

Znając siłę pociągową na obwodzie kół pędnych i prędkość w kilometrach na godzinę, przy jakiej ma być ona rozwinięta, możemy już łatwo obliczyć moc lokomotywy.

Moc ta wynosi na jedną tonnę siły pociągowej i jeden kilometr na godzinę:

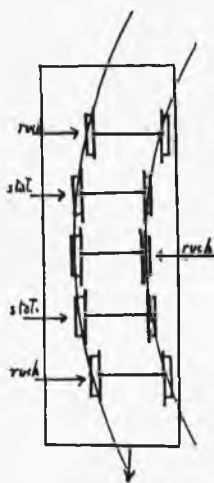
na obwodzie kół pędnych	3,7 km. = 2,7 kw.
na zaciskach motorów (zakładając współczynnik sprawności przekładni 0,94)	3,95 „ = 2,86 „

**2. Podwozie.** Ograniczone obciążenie osi wymaga, jak to widzieliśmy, zaopatrywania ciężkich i mocnych lokomotyw w większą ilość osi, jużto pędnych, jużto potocznych, w zależności od wymaganej wagi przyczepności.

Odległość między osiami, czyli rozstaw kół, ograniczony jest najmniejszym promieniem łuków i wynosi dla kolei o normalnej szerokości torów maksymalnie:

Przy łukach o promieniu do 180 m.	3,200 m.
„ „ „ „ 250 „	3,800 „
„ „ „ „ 400 „	4,800 „
„ „ „ „ 500 „	5,400 „

Naturalnie, że jeżeli lokomotywa ma więcej jak dwie osie, to wyżej podanych norm nie może przekraczać nie odległość między dwoma osiami, ale odległość między skrajnymi osiami. Jeżeli odległości te nie wystarczają dla budowy lokomotywy, to stosuje się osie przesuwalne względnie nastawialne, albo też wózki ruchome. Praktyka wykazała dalej, że dla większych prędkości niezbędne jest dla spokojnego biegu lokomotywy, zwłaszcza na łukach, umieszczenie u przodu osie potocznej nastawialnej, lub jeszcze lepiej wózka potocznego.



Rys. 76.

Ogólnie przyjęte jest charakteryzować typ lokomotywy oznaczeniem ilości osi lub kół pędnych i potocznych, przyczem osie pędne są przy parowozach zawsze ze sobą sprzężone korbowodami (przy lokomotywach elektrycznych nie konieczne). W Europie oznacza się dużymi literami w porządku alfabetycznym osie pędne, a cyframi osie potoczne, zaczynając od przodu lokomotywy. Tak więc n. p. oznaczenie: 2—B—1 znaczy, że lokomotywa ma z przodu dwie

osie potoczne, następnie dwie osie pędne i na koniec jedną potoczną, razem więc 5 osi.  $C$  oznacza 3 osie pędne,  $D$  cztery osie pędne,  $1 - C - 1$  oś potoczną i t. d. W Ameryce oznaczają cyframi liczbę kół tak pędnych, jak i potocznych; tak więc n. p.  $1 - C - 1$  będzie w oznaczeniu Amerykańskim 2.3.2.

Osią przesuwalną zwiemy oś, która pozostając zawsze równoległą do reszty osi może się tylko przesuwac wzdłuż własnej osi, nastawialną zaś taką, która może się nastawiać w kierunku promienia łuku. Działanie osi przesuwalnych uwidocznione jest na rys. 76-tym.

Nie będziemy tu wchodzić w szczegółowe opisywanie przeróżnych konstrukcji podwozi, a zatem kół, osi przesuwalnych i nastawialnych, wózków, czopów obrotowych, resorów i t. p., gdyż szczegółowe takie opisywanie za daleko by nas zaprowadziło, tembardziej, że panują tu te same zasady, jak przy budowie lokomotyw parowych, konstrukcyjne przeto te dane i szczegóły znaleźć można w podręcznikach i dziełach traktujących o budowie lokomotyw wogóle. Poprzestaniemy więc tylko na ogólnych uwagach i wskazówkach, mających specjalne znaczenie dla trakcji elektrycznej.

Napęd elektryczny pozwala na budowę symetryczną t. j. taką, że położenie osi od przodu czy tyłu jest jednakowe; praktyka wykazała, że budowa taka nie tylko jest korzystna dla tego, że unika się potrzeby obracania lokomotywy na stacjach krańcowych, gdyż może ona biec jednakowo w jedną lub drugą stronę, ale pozatem jeszcze bardzo korzystnie wpływa na spokojny bieg lokomotywy. Nowsze przeto lokomotywy elektryczne są zawsze budowane symetrycznie

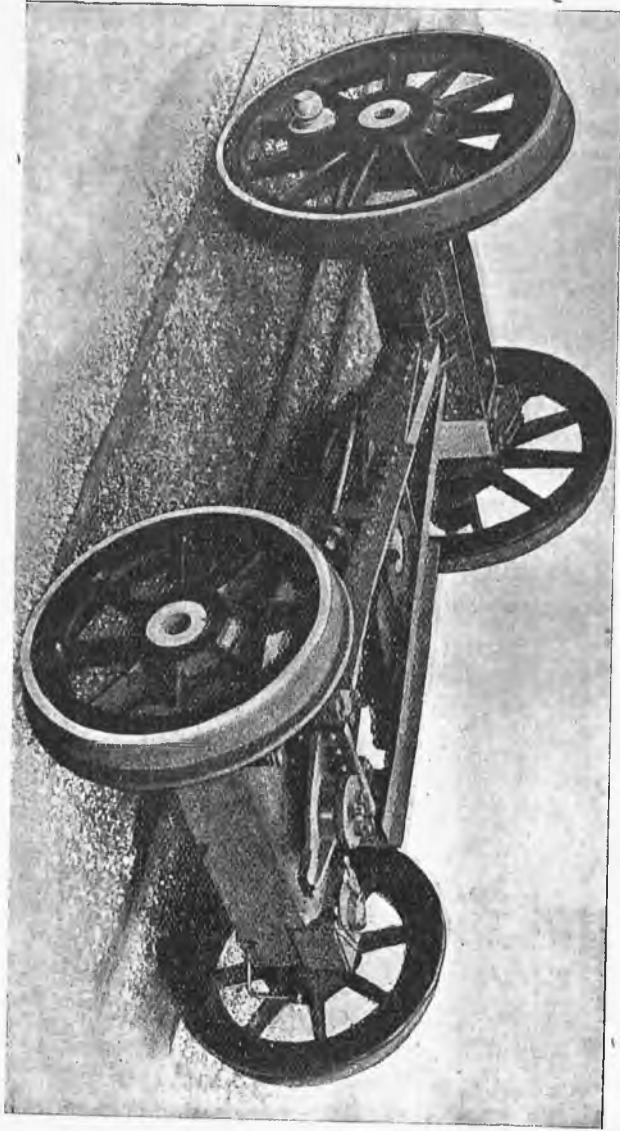
Ponieważ pojedyncze osie nastawialne wykazują zawsze skłonność do wahań, przeto łączy się je często, zwłaszcza dla większych prędkości, z najbliższą osią pędną przy pomocy rodzaju dyszla tak, że powstaje już rodzaj wózka. Takie wykonanie widzimy np. na rys. 77-ym.

Oś pędna jest przesuwalna o  $2 \times 20$  mm., potoczna zaś nastawialna; mocne sprężyny nastawiają oś potoczną i utrzymują ją w położeniu równoległym. Wobec przesuwalności osi pędnej są czopy korbowe kół czopami kulistymi, wiązary zaś mają pionowe sworznie, naokoło których mogą się nieco obracać, aby nie tamować przesuwalności.

Wszelkie typy lokomotyw, a raczej podwozi, dadzą się podzielić na kilka kategorii, a mianowicie:

1) Lokomotywy na wózkach. Pudło lokomotywy spoczywa na czopach obrotowych, które służą równocześnie do przenoszenia siły pociągowej. Wózki mogą być dwu- lub więcej osiowe, koła wszystkie pędne, lub częściowo pędne, częściowo potoczne, rys. 78-my.

2) Lokomotywa złożona jest z dwu lub więcej części ze sobą krótko sprzężonych; każda część ma dwie lub więcej nieruchomych osi, rys. 79-ty.



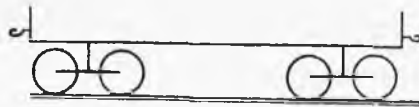
Rys. 77.



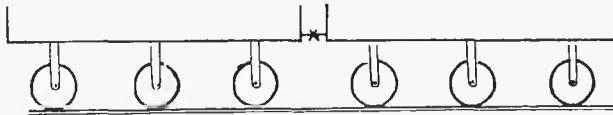
3) Lokomotywa na dwu lub więcej wózkach, dwu lub więcej osi, wychpołączonych ze sobą przegubowo. Siła pociągowa przenosi się tu i ich połączenia, a nie przez czopy obrotowe, rys. 80-ty.

4) Lokomotywa z wewnętrznymi stałymi osiami pędnymi i zewnętrznymi potocznymi, nastawialnymi lub połączonymi w wózki, rys. 81-szy. Dwie takie lokomotywy mogą być ze sobą krótko sprzężone i stanowić jedność.

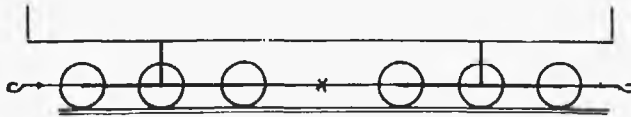
Naturalnie, że jestto podział tylko zasadniczy, w rzeczywistości zaś typy powyższe często zlewają się, kombinując jedne z drugimi.



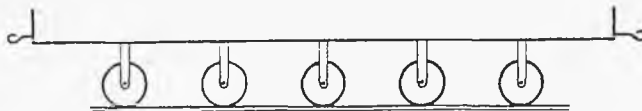
Rys. 78.



Rys. 79.



Rys. 80.



Rys. 81.

**3. Wpływ wysokości środka ciężkości na spokojny bieg lokomotywy.** Wychodząc z założenia, że ciało o danej podstawie ma równowagę tem stałszą, im niżej leży jego środek ciężkości, starano się początkowo budować lokomotywy tak, aby ich środek ciężkości leżał możliwie nisko. Budowa taka okazała się jednak nieodpowiednia dla większych prędkości i już przed laty około 20 zaczęto się przekonywać, że wyżej położony środek ciężkości zapewnia spokojniejszy i równiejszy bieg. Początkowa pomyłka polegała na tem, że nie uwzględniano dostatecznie działania resorów.

Zadaniem resorów jest przejmowanie uderzeń jakie powstają skutkiem nieuniknionych nierówności torów, przy wjeżdżaniu na łuki, zwrotnice i t. p. i niedopuszczanie ich do odsprężynowanej masy lokomotywy. Otóż odsprężynowana ta masa tem wolniej postępuje za przenoszonymi na nią uderzeniami, im większy jest jej moment bezwładności, moment zaś ten jest tem większy, im wyżej leży środek ciężkości. Odsprężynowany względem osi środek ciężkości lokomotywy może względem nich wykonywać pewne ruchy, lub, co na jedno wychodzi, osie mogą wykonywać te ruchy względem nieruchomego środka ciężkości tem łatwiej, im wyżej leży ten środek nad osiami.

Dla lokomotyw elektrycznych przybywa tu jeszcze działanie mas obrotowych motorów. Jeżeli lokomotywa zakołysze się skutkiem różnicy w wysokości położenia szyn, to powstaje para sił, spowodowana obracaniem się twornika motoru, która stara się obrócić lokomotywę poprzecznie do toru i wywołuje przez to ruchy wężowe. Naodwrot ruchy wężowe, powstające skutkiem bocznych uderzeń, wywołują kołysanie się



Rys. 82.

lokomotywy. Otóż działanie to staje się tem mniejsze, im wyżej leży środek ciężkości lokomotywy.

Zaczęto przeto budować lokomotywy z coraz wyżej położonym środkiem ciężkości\*), z czego powstał między innymi znany typ parowozu z wysoko nad ramą umieszczonym kotłem. Jedną z zalet trakcji elektrycznej upatrywano nawet w tem, że łatwiej da się tu osiągnąć wysokie położenie środka ciężkości, umieszczając motory wysoko na ramie lokomotywy. Takie wysokie umieszczenie motorów pociąga za sobą jednak znaczne niedogodności, jak to zobaczymy przy opisanu napędu. Tymczasem przekonano się, że dla spokojnego biegu lokomotywy nadzwyczaj wysokie położenie środka ciężkości bynajmniej nie jest konieczne, gdyż bieg taki da się osiągnąć i innymi środkami.

Tak n. p. wykazał inż. Batchelder, główny konstruktor lokomotyw General Electric Co., że ruchom wężowym zapobiega doskonale zastosowanie parzystej liczby wózków przy symetrycznej budowie lokomotywy. Wszelkie

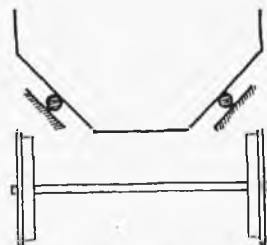
\*) Ciekawe i dokładne obliczenia wpływu wysokości środka ciężkości lokomotywy na jej bieg podał inż. I. Sahn (Zeitschrift Vereins Deutscher Ingenieure, rocz. 1909).

uderzenia boczne nie wprawiają wtedy lokomotywy w ruch wężowy, lecz przyciskają ją tylko do przeciwległej szyny, jak to widać na szkicu 82-gim.

Zupełnie analogicznie do wysokiego środka ciężkości działa zastosowane również przez Batcheldera i innych konstruktorów amerykańskich ustawienie pudła lokomotywy na wałkach położonych na równiach pochyłych, jak na szkicu 83-cim.

Wałki i równie pochyłe nadają pudłu taką samą ruchliwość względem osi, jak wysoki środek ciężkości; również i uderzenia pionowe zostają dostatecznie tamowane.

Skutkiem zastosowania tych i innych temu podobnych konstrukcji daje się wyraźnie zauważyć tendencja do niższego osadzania motorów aniżeli przed kilku jeszcze laty, a najnowsze lokomotywy, zwłaszcza amerykańskie, mają znowu niżej położony środek ciężkości.



Rys. 83.

**4. Napęd kół.** Jedną z największych trudności przy budowie lokomotyw elektrycznych stanowi dobre i racjonalne rozwiązanie sprawy przeniesienia momentu obrotu motorów na koła pędne. Toteż większa część początkowych niedoskonałości, wad i braków lokomotyw elektrycznych, z usunięciem których konstruktorzy długo walczyć musieli, spowodowane były właśnie napędem. Dziś, aczkolwiek sprawę napędu uważać można za rozwiązaną pod tym względem, że nowsze lokomotywy odpowiadają w zupełności wszelkim wymaganiom co do trwałości, pewności i spokojnego biegu i to przy wszelkich, chociażby największych prędkościach, to jednak nie można twierdzić, aby jeden system osiągnął stanowczą przewagę i wyrugował wszelkie inne, lecz spotykamy i nadal tak napędy bezpośrednie, jak przez koła zębate, jak wreszcie przy pomocy korb, ram i gołeni.

Przechodząc od budowy tramwajów i kolejek dojazdowych o względnie niewielkich mocach do budowy potężnych lokomotyw dla kolei głównych, konstruktorzy mieli przed sobą dwa wypróbowane już systemy napędu, mianowicie stosowany od początku przy trakcji elektrycznej napęd oddzielny każdej osi pędnej i napęd grupowy, wypróbowany przy parowozach, polegający na tem, że silnik napędza jedną oś, która połączona jest z innymi przy pomocy korbowodów i drągów sprzęgłowych.

System pierwszy, stanowczo prostszy i więcej dostosowany do charakteru trakcji elektrycznej, wymaga oddzielnego motoru na każdą oś pędną, a ponieważ moc osi pędnej jest ograniczona — większej ilości małych motorów; system drugi, bardziej złożony, pozwala jednak na zastosowanie mniejszej ilości mocniejszych motorów.

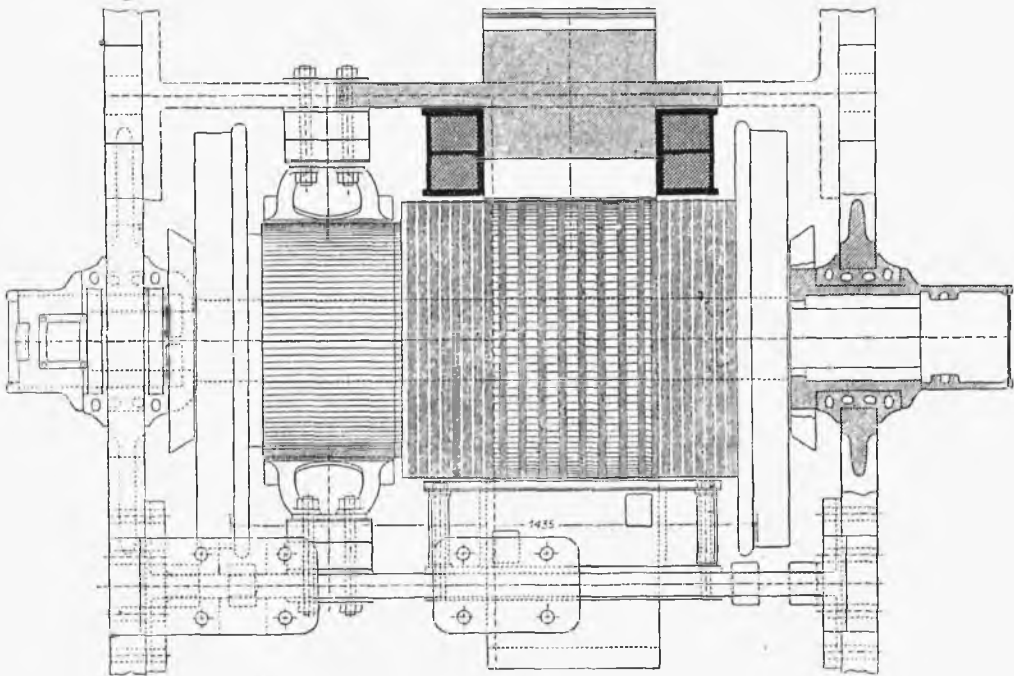
Podczas kiedy Ameryka od samego początku zwróciła się ku napędowi pojedynczemu, Europa szukała rozwiązania sprawy raczej w napędzie grupowym, wychodząc przytem z założenia, że większy motor jest lżejszy i tańszy od kilku mniejszych i że współczynnik sprawności takiego motoru musi być lepszy. Niemalże przyczyniło się do tego i dążenie do osiągnięcia wysokiego położenia środka ciężkości, do czego niezbędne jest ustawienie motoru wysoko nad ramą i kołami. Tu jednak natrafiono odrazu na znaczne bardzo trudności, spowodowane głównie niestałością odległości między nieodsprężynowaną względem szyn osią pędną a osią motoru, umieszczonego na odsprężynowanej ramie lokomotywy. Zmiany tej odległości powodują powstawanie dodatkowych sił i ciśnień w korbach, korbowodach, goleniach i łożyskach, z konieczności sztywno ze sobą związanych. Najmniejsza różnica w średnicach kół pędnych, spowodowana n. p. nierównomiernem starciem się obręczy, powoduje również powstanie takichże sił dodatkowych oraz nierównomierne obciążenie łożysk. Dochodzi do tego to, że moment obrotu motorów elektrycznych jest, praktycznie biorąc, stały, skutkiem czego siły działające w korbowodach i łożyskach przechodzą nagle z ciśnienia w ciągnięcie i naodwrot, co oczywiście wysoce niekorzystnie oddziaływa na trwałość tych części. Przy parowozach zjawisko to łągodzi znacznie cylinder, którego tłok wraz z parą stanowi elastyczny człon, jakiego brak przy lokomotywie elektrycznej.

Przechodząc do bliższego opisanie różnych sposobów napędu, zaznaczyć można, że pod względem mechanicznego wykonania rozróżniamy trzy zasadnicze rodzaje napędu, mianowicie:

a) Napęd bezpośredni, bez żadnych przekładni. Motory elektryczne osadzone są bezpośrednio na osiach pędnych. Materiał motoru jest tem lepiej wyzyskany, czyli motor dla danej mocy może być tem lżejszy, im większa jest prędkość obrotowa twornika. Granicą tej prędkości jest ze względów mechanicznych około 35 m. s. Ponieważ przy osadzeniu twornika na osi pędnej średnica jego nie może być o wiele większa, jak  $\frac{1}{2}$  średnicy koła pędnego, przeto prędkość ta odpowiadałaby prędkości obwodowej kół pędnych około 70 m. s., czyli prędkości lokomotywy około 250 km. g. Dopiero więc przy takiej prędkości materiał motoru może być należycie wyzyskany, podczas kiedy przy prędkościach mniejszych motor musi być stosunkowo ciężki. W praktyce rzecz ma się nieco inaczej, gdyż przy wszelkich innych napędach należy dodać do wagi motoru wagę przyrządów napędowych, a zatem koła zębatych, korb, drągów, łożysk i t. p., motory więc bezprzekładniowe stają się nie cięższe od innych już przy znacznie mniejszych prędkościach.

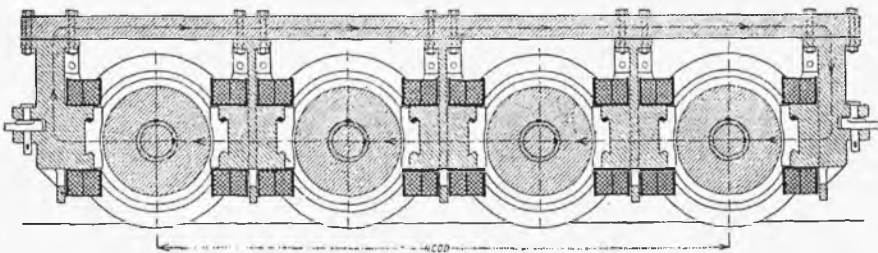
Dalszą wadą tego napędu jest to, że zwiększa on wielkość mas nieodsprężynowanych względem szyn. Przy prądzie stałym jest to zwięk-

szenie niezbyt wielkie, gdyż na osi siedzi tylko twornik, podczas kiedy magneśnica osadzona bywa na odsprężynowanej ramie. Motory bywają w takich wypadkach dwubiegunowe, z poziomymi biegunami, wytoczo-



Rys. 84.

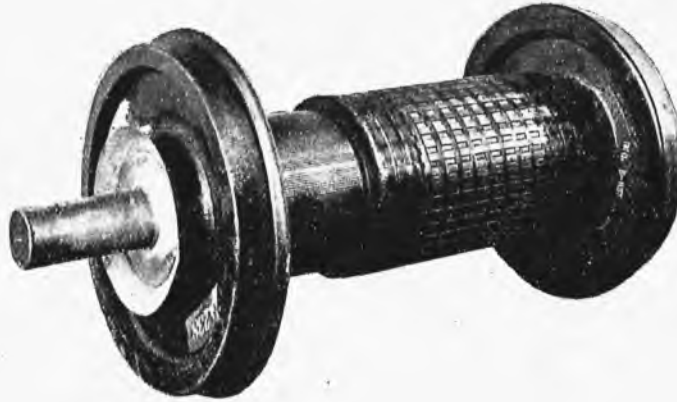
nymi nieco owalnie. Sprężynowanie wpływa przy takiej budowie bardzo tylko nieznacznie na wielkość szczeliny.



Rys. 85.

Waga nieodsprężynowana na oś pędną 3600 konnej lokomotywy General Electric Co. z bezpośrednim napędem wynosi n. p. 4320 kg., takiejże zaś mocy lokomotywy Westinghous z napędem przy pomocy kół zębatych 3850 kg.

Motor prądu stałego o mocy 550 K. M. przy 305 obrotach kolei New-York Central osadzony bezpośrednio na osi pędnej widzimy na rys. 84-ym.

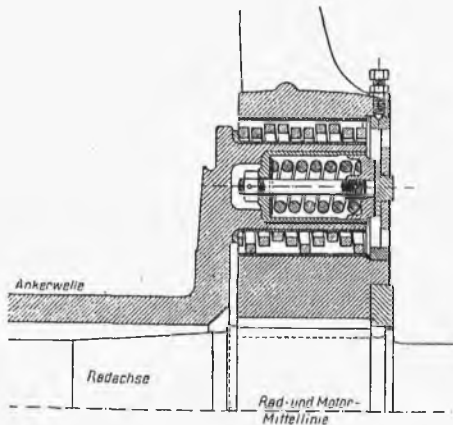


Rys. 86.

Wszystkie motory lokomotywy, a przy nowszych konstrukcjach jednego wózka, mają tu wspólny obwód magnetyczny, zamknięty przez stalową płytę postawową pudła lokomotywy i odpowiednie płyty końcowe rys. 85-ty.

Twornik tego motoru wraz z osią pędną i kołami widzimy na rys. 86-ym.

Przy prądzie zmiennym jest takie wykonanie oczywiście niemożliwe, gdyż motory nie mogą być dwubiegunowe, a szczelina musi być



Rys. 87.

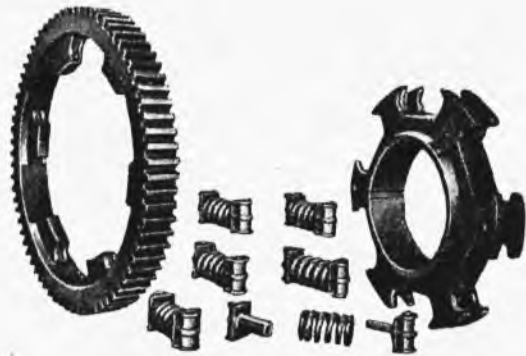
mniejsza jak przy prądzie stałym. Twornik osadza się wtedy na drążonym wale, wspartym na łożyskach przymocowanych do odsprężynowanej ramy podwozia. Przez środek tego wału przechodzi oś pędna, sprzężona z nim przy pomocy sprzęgła elastycznego pozwalającego na ruchy wywołane sprężynowaniem. Tak n. p. bywa na wale osadzona piasta z 6 ramionami, połączonymi z ramionami koła pędnego odpowiednimi wężykowatymi sprężynami. Taki napęd mają n. p. niektóre loko-

motywy kolei New-York New Haven and Hardford. Napęd ten widzimy na rys. 87-mym.

b) Napęd przez koła zębate; motor napędza oś pędną przez przekładnię zębatą. Napęd ten może być pojedynczy lub grupowy, jeżeli koła pędne związać wiązlami.

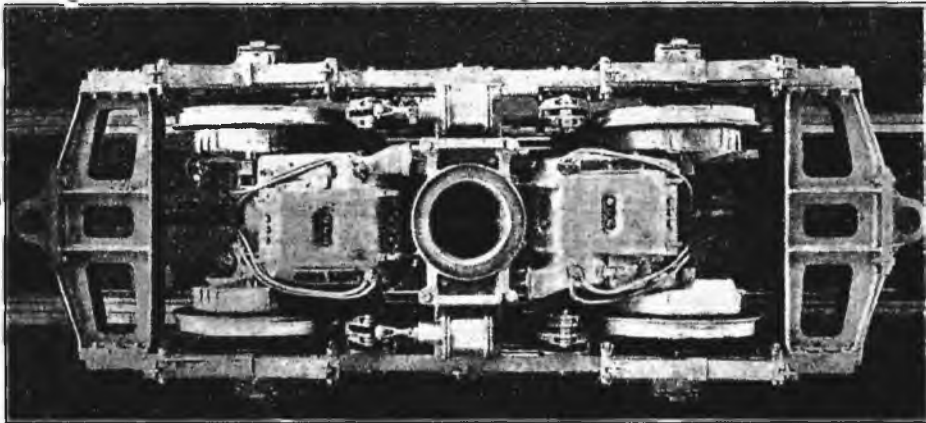


Rys. 88.



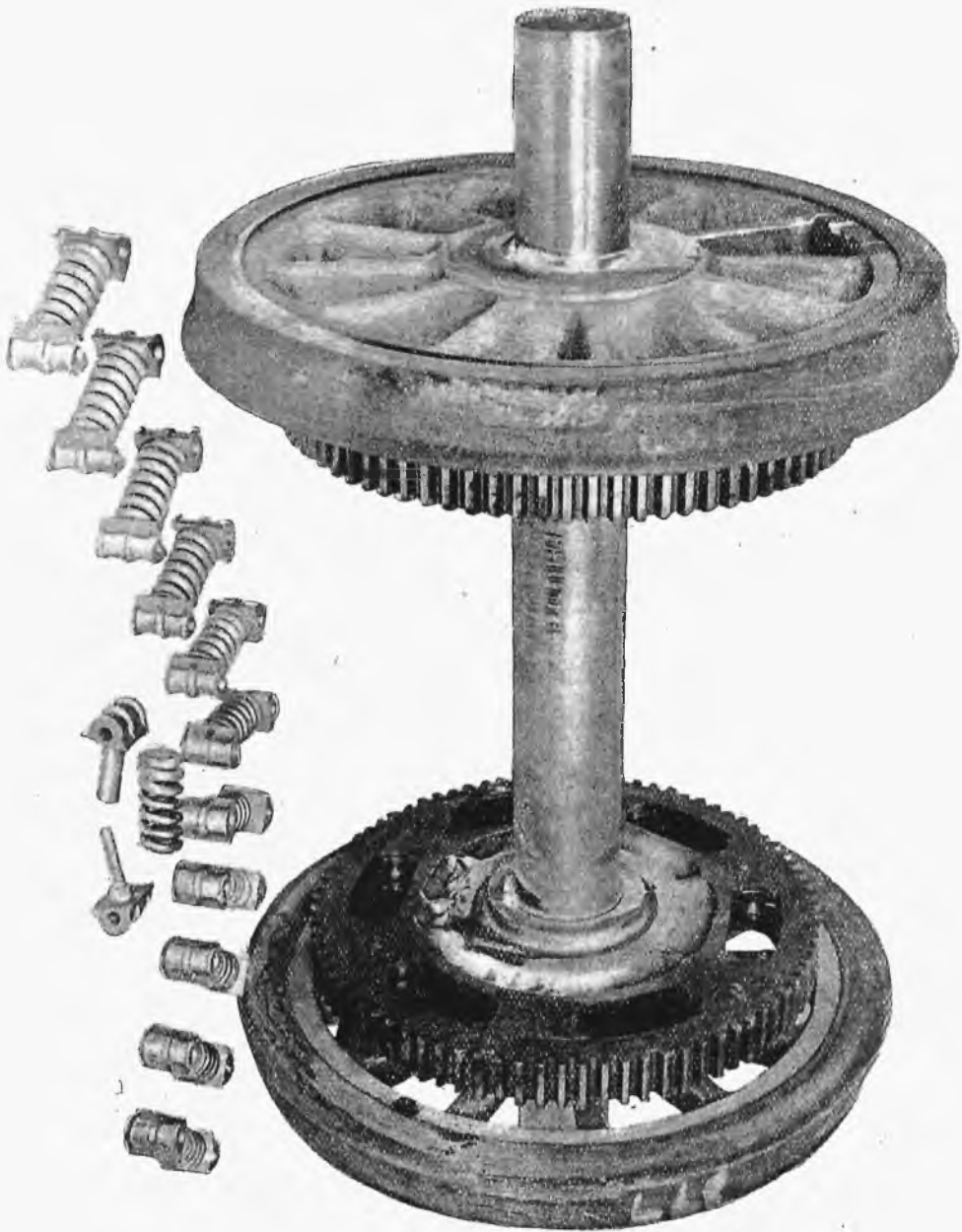
Rys. 89.

W Ameryce stosują bardzo często zawieszenie motorów półsprężynowe, t. zw. „za nos“ takie same, jak przy tramwajach, z tą tylko



Rys. 90.

różnicą, że wobec większych sił na osi motoru umieszcza się dwa koła zębate, po jednym z każdej strony i że koła te nie są osadzone nieruchomo, ale sprężynująco w kierunku obrotu, a to dla łagodzenia szarpnięć przy ruszaniu i zmianach prędkości. Takie koło zębate widzimy



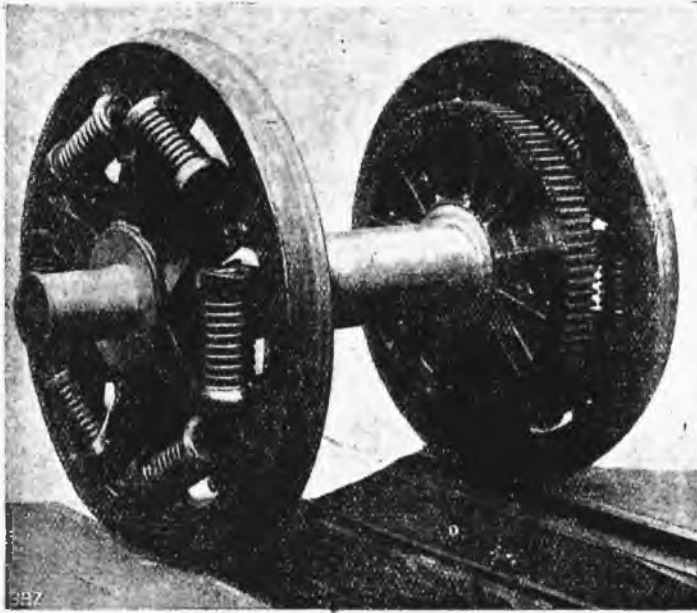
Rys. 91.



na rys. 88-mym i 89-tym, zawieszenie dwu motorów po 400 K. M. w wózku na rys. 90-tym, a oś pędną z kołami zębatymi na rys. 91-szym.

Wadą takiego zawieszenia motorów jest to, że w każdym razie blisko połowa wagi motoru spoczywa na nieodsprężynowanej osi i że rozporządza się tylko ograniczonym miejscem tak, że moc motoru jest również ograniczona.

Westinghous Electric Co. umieszcza zwykle motory nieco wyżej, zupełnie na odsprężynowanej ramie lokomotywy, osadzając większe koło zębate na drążonym wale połączonym z kołem pędem tak, jak przy



Rys. 92.

napędzie bezpośrednim. Masa motoru jest wtedy zupełnie odsprężynowana, natomiast przybywa waga wału drążonego i dość skomplikowane połączenie z kołem pędem.

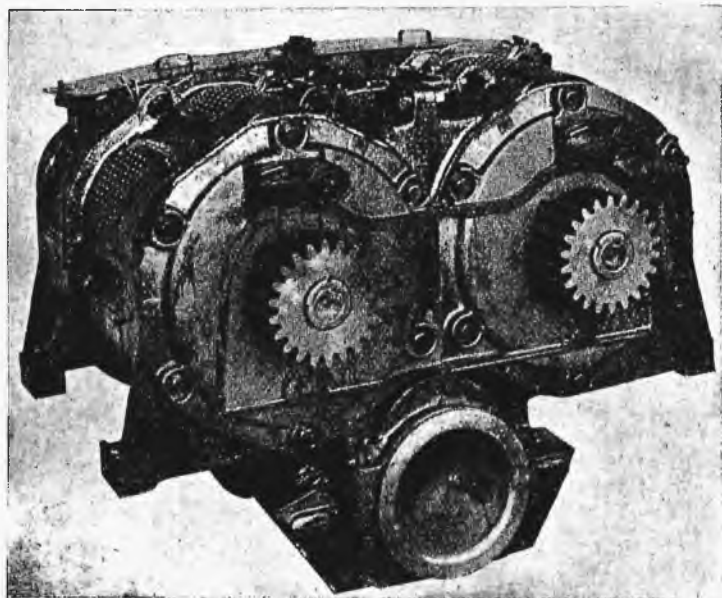
Urządzenie takie widzimy na rys. 92-gim.

Stosowane przytem bywają często dwa motory bliźniacze zamiast jednego z dwoma kołami zębatymi. Konstrukcja ta pozwala na lepsze wyzyskanie miejsca i daje, zdaniem Tow. Westinghous, lepsze wyzyskanie materiału i korzystniejsze wymiary motorów.

Takie motory bliźniacze prądu zmiennego  $2 \times 170$  K. M., zastosowane na kolei New - York, New Haven and Hardford, widzimy na rys. 93-cim.

W Europie był napęd przez koła zębate dla lokomotyw dotychczas mało stosowany; jedynie fabryka Brown i Boveri w Szwajcarii zdaje się skłaniać coraz bardziej ku takiemu napędowi, przeprowadza szereg odpowiednich prób i obmyśliła i opracowała własną swoją konstrukcję takiego napędu.

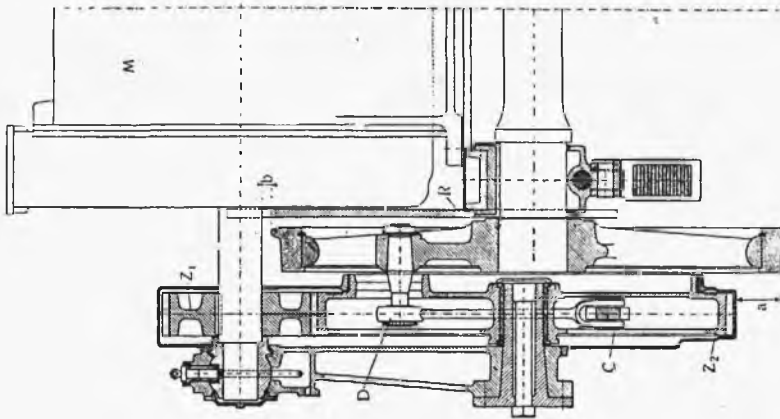
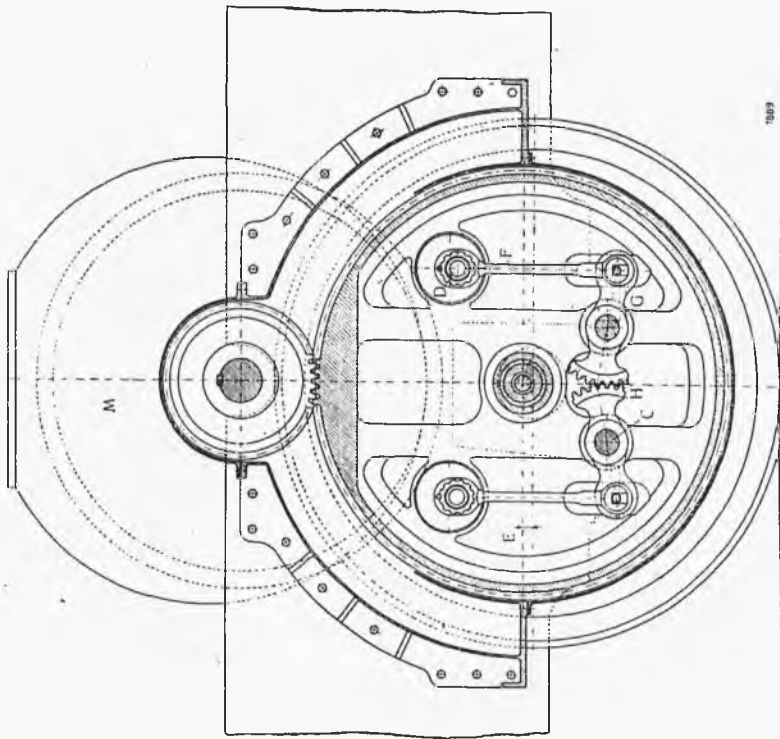
Przy zawieszeniu „za nos“ nieda się wykonać dla prądu zmiennego motoru o wiele mocniejszego, jak około 300 K. M. (przy prądzie stałym około 400); dla stosunków Europejskich wystarcza zwykle dla lokomotyw pośpiesznych trzy osie pędne, moc więc takiej lokomotywy nie mo



Rys. 93.

głaby przekraczać jakich 1000 K. M., podczas kiedy wymagane bywa 2500. Należy przeto dla motorów uzyskać więcej miejsca, co da się osiągnąć umieszczając je wyżej, nad kołami. Między kołami ma się dla umieszczenia motoru zwykle około 1000 mm., a w ten sposób do 1200 mm., przyczem i średnica może być znacznie powiększona. Konstrukcję Brown i Boveri widzimy na rys. 94-tym.

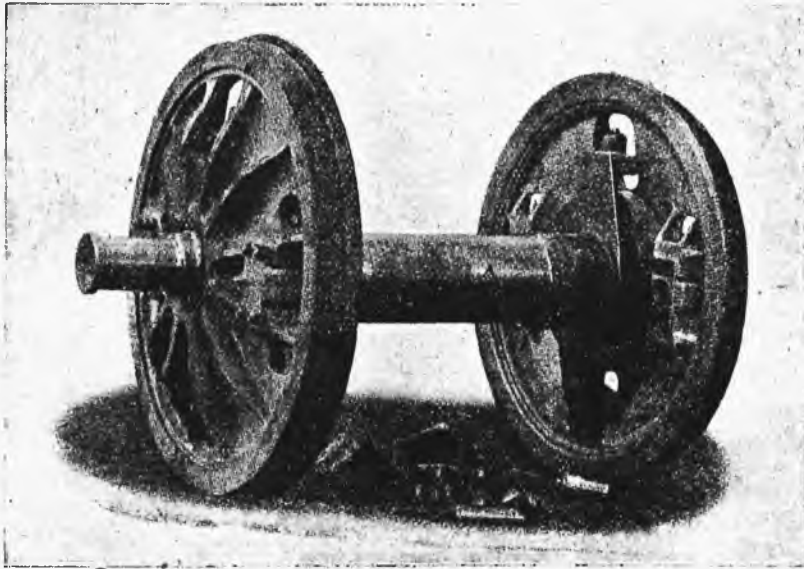
Motor „M“ umocowany jest na podwoziu prostopadle nad osią pędną i napędza przez koło zębate „z<sub>1</sub>“ większe koło zębate „z<sub>2</sub>“, leżące na zewnątrz koła pędnego. Łożysko osi tego większego koła przy mocowanie jest również do podwozia, oś zaś leży nieco wyżej osi koła pędnego, co pozwala na zastosowanie większego koła zębatego, a zatem większej przekładni i mniejszego motoru. Średnica koła zębatego ogra-



Rys. 94

niczona jest odległościami „a” od główki szyny i „b” od osi motoru. Na kole zębatem znajdują się dwa trzpienie „C” „C”, na kole zaś pęd-  
nem również dwa trzpienie „D” „D”, połączone przez dźwignie „G” „G”  
i drągi „F” „F”.

Dźwignie „G” „G” związane są ze sobą na drugim końcu segmen-  
tami zębatymi „H”. Połączenie to stanowi całkowicie ruchome sprzęgło,  
pozwalające tak na ruchy pionowe osi względem siebie, (sprężynowanie)  
jak i na małe przekręcenia łagodzące szarpnięcia. Przy excentryczności  
„E” = 50 mm. daje się zastosować przekładnia 1 : 4 i wbudować motor  
do 1000 K. M.



Rys. 95.

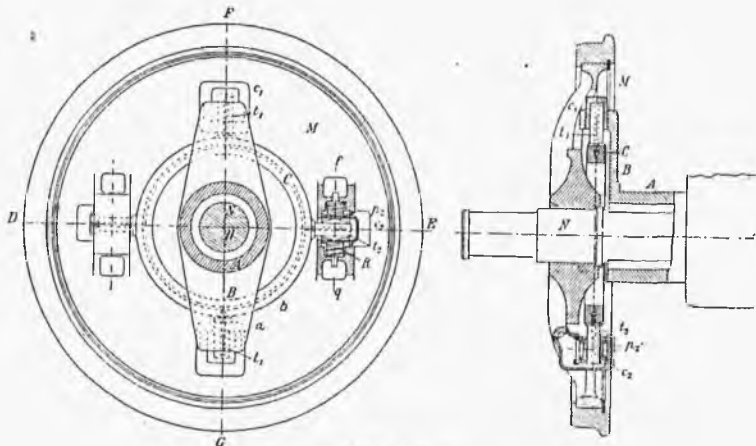
Europejską konstrukcję z drążonym wałem widzimy na rys. 95-tym  
i 96-tym.

Sprzęgło krzyżowe *C* ma 4 występy; dwa z nich,  $t_1 t_1$  obracają się  
i przesuują w brązowych panewkach  $c_1 c_1$ , osadzonych stale w ramio-  
nach *B* wału drążonego. Pozostałe dwa,  $t_2 t_2$ , obracają się i przesuują  
w panewkach  $c_2 c_2$  osadzonych z pewną grą w kole. Panewki  $c_2 c_2$  mogą  
się przesuwać w swych łożyskach równoległe do osi, co daje całemu  
napędowi pewną grę boczną. Ponieważ także łożyska  $p_2 p_2$  nie są osa-  
dzone zupełnie stale, lecz siedzą między sprężynami *R*, przeto cały krzy-  
żak zawieszony jest zupełnie elastycznie, częściowo na resorach podwozia,  
a częściowo na sprężynach *R*. Wał drążony może nie tylko obracać się  
nieco względem osi pędnej, ale nawet pochylić się trochę względem niej.

Oznaczmy przez  $n_m$  ilość obrotów motoru, a przez  $n_k$  ilość obrotów kół; wtedy przekładnia  $z$  będzie:

$$z = \frac{n_k}{n_m}$$

Przepisy kolejowe wymagają, aby ilość obrotów kół pędnych nie była większą od 300 na minutę, a to ze względu na siły odśrodkowe drągów sprzęgłowych, pozwalając w wyjątkowych wypadkach doskonałego zrównoważenia do 400 obrotów.



Rys. 96.

Ponieważ przy napędzie elektrycznym zrównoważenie może zawsze być doskonałe, przeto można uczynić  $n_k = 400$ . Prędkość lokomotywy wyrażona w kilometrach na godzinę jest:

$$V = \frac{2 \cdot R \cdot \pi \cdot n_k \cdot 3600}{1000 \cdot 60}, \quad R = \text{promień kół pędnych.}$$

$$n_k = \frac{V}{R} \cdot 2,65 \leq 400, \quad z = \frac{V}{R} \cdot 2,65 \cdot \frac{1}{n_m}$$

Jeżeli mają być zastosowane korbowody sprzęgłowe, to promień kół  $R$  nie może być wiele mniejszy od 0,55 m., a to z powodów czysto konstrukcyjnych. Promień taki odpowiada przy 400 obrotach prędkości 83 km. g. Dla prędkości więc do 83 km. g. staje się:

$$z = V \cdot \frac{2,65}{0,55} \cdot \frac{1}{n_m} = 4,82 \cdot \frac{S}{n_m}$$

Prędkość obwodowa twornika powinna być, jak to już widzieliśmy, bliska 35 m. s. Jeżeli więc oznaczymy przez  $d$  średnicę twornika, to:

$$n_m = \frac{35 \cdot 60}{d \cdot \pi}, \quad \text{a zatem } z = 0,004 \frac{V}{R} \cdot d$$

Przekładnia zależną więc jest od średnicy twornika.

c) Napęd korbowy. Przy napędzie korbowym bezpośrednim jest oczywiście  $n_m = n_k$  a dla prędkości obwodowej twornika 35 m. s.:

$$n_m = \frac{60 \cdot 35}{d} = n_k \leq 400; \quad d = \frac{60 \cdot 35}{\pi \cdot 400} = 1,68 \text{ m.}$$

Materiał więc motoru, którego twornik ma średnicę mniejszą, jak 1,68 m., nie może być należycie wyzyskany przy napędzie korbowym (prędkość obwodowa musi być mniejszą jak 35 m. s).

Wynika z tego, że dla mniejszych motorów odpowiedniejszy jest napęd przy pomocy kół zębatach, dla większych, przez korby. Ponieważ jednak waga kół zębatach pochłania częściowo zysk na wadze motoru, przeto dochodzi się w praktyce do nieco mniejszych wartości granicznych średnicy twornika.

Jeszcze ważniejsze, jak otrzymanie przy danej wadze możliwie największej mocy, jest otrzymanie przy danej mocy największej siły pociągowej; należy więc możliwie wyzyskać moment obrotu danego motoru.

Ciekawe co do tego obliczenia podał Heyden \*). Zakładając, że przy napędzie korbowym długość twornika może wynosić 0,45 m., przy napędzie zaś przez koła zębata tylko 0,25 m. gdyż resztę miejsca zabierają koła zębata, oraz wyraziwszy moment obrotu motoru równaniem:

$$M = 10000 \pi \cdot d \cdot l \cdot \frac{a}{2} \cdot a = 5000 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot l \cdot a$$

$d$  = średnica twornika

$l$  = długość " "

$a$  = siła pociągowa na obwodzie twornika na 1 cm.<sup>2</sup> powierz.

wyprowadza Heyden wzór:

$$\frac{F_1}{F_2} = 133 \cdot \frac{R}{V} \cdot \frac{1}{d}$$

$F_1$  = siła pociągowa na obwodzie kół przy kołach zębatach

$F_2$  = siła pociągowa na obwodzie kół przy napędzie korbowym

$V$  = prędkość km. g.

Jeżeli więc moc motoru jest taka, że średnica jego twornika nie przewyższa wielkości:

$$d_y = 133 \cdot \frac{R}{V}, \quad \text{to jest } \frac{F_1}{F_2} > 1$$

\*) Elektrische Kraftbetriebe und Bahnen rocznik 1909, zeszyt 16.

t. j. koła zębate dają większą siłę pociągową, jak napęd korbowy; jeżeli  $d$  staje się większe jak  $d_y$ , to napęd korbowy staje się odpowiedniejszy.

Dla prędkości poniżej 83 km. g. ma promień kół pędnych stałą wartość 0,55 m. tak, że:

$$d_y = \frac{133 \cdot 0,55}{V}$$

Tak n. p. staje się  $d_y$  dla prędkości: 40 km. g. = 1,826 m.  
 70 „ = 1,047 m.  
 83 „ = 0,882 m.

Dla prędkości większych jak 83 km. g. zwiększa się promień kół  $R$  (aby nie przekroczyć dozwolonej ilości obrotów 400 na minutę),  $d_y$  więc pozostaje stałe = 0,882 m.

Skoro więc dla prędkości większych jak 83 km. g. moc motoru wymaga twornika o średnicy większej jak 0,882 m., to napęd korbowy jest lepszy.

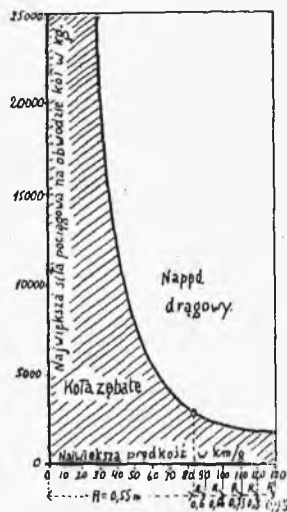
Na podstawie tych wyliczeń wykreślił Heyden wykres, rys. 97-my, pozwalający określić odrazu, jaki napęd jest odpowiedniejszy.

Jeżeli n. p. przy prędkości 60 km. g. siła pociągowa wynosić ma 10000 kg., to odpowiedniejszym byłby napęd korbowy, gdyż punkt przecięcia 10000 kg. i 60 km. g. leży w polu napędu korbowego.

Oczywiście, że wyliczenia te nie dają zupełnie ścisłych wyników i że w praktyce mogą być zupełnie usprawiedliwione odstępstwa w tę lub tamtą stronę, wykres jednak pozwala odrazu zdać sobie sprawę, jaki napęd byłby najodpowiedniejszy przy danych warunkach.

Sposobów wykonania napędu korbowego jest kilka; sposoby te dadzą się podzielić na trzy zasadnicze grupy, a mianowicie: napęd przy pomocy jednego korbowodu, napęd przy pomocy dwu korbowodów i napęd przy pomocy ramy sztywnej systemu Kando.

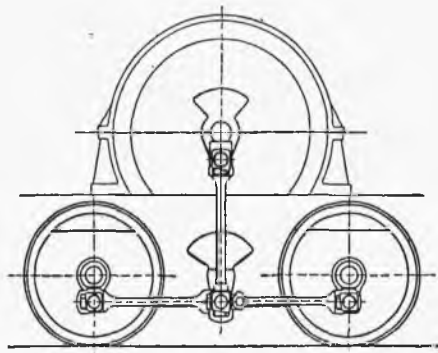
Tak w korbowodach i ramach napędowych, jak i w ślepych wałach występują różne, bardzo zmienne siły, skutkiem czego obciążenie ich jest bardzo zmienne. Do tego dochodzą jeszcze działania wibracji, spotęgowane działaniami rezonansowymi tak, że obliczenie tych sił i obciążeń wymaga często bardzo zawiłych rachunków, których szczegółowe rozpatrywanie za daleko by nas zaprowadziło, poprzestaniemy więc tu



Rys. 97.

na opisanie główniejszych typów wykonania i podaniu wyników badań Kleinow'a i J. Buchli \*).

Ponieważ odległość pomiędzy wałem motoru umieszczonego na odsprężynowanej ramie lokomotywy, a osią pędną jest zmienna, przeto napęd z jednym korbowodem wymaga wału ślepego, umieszczonego w ramie lokomotywy; małe różnice pionowe w położeniu motoru wywołane sprężynowaniem ramy nie wpływają prawie na długość wiązeł poziomych.

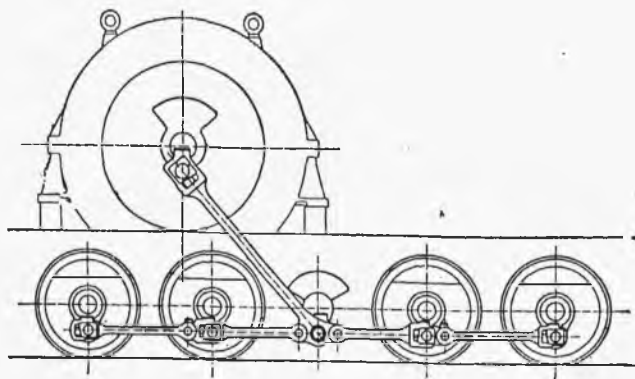


Rys. 98.

Taki napęd widzimy na rys. 98-mym i 99-tym.

Wał ślepy powinien leżeć możliwie w wysokości osi kół pędnych, gdyż tylko wtedy może gra w łożyskach łatwo równoważyć

małe różnice w wysokości nad torami wału ślepego i osi pędnych, powstające skutkiem sprężynowania podwozia. Obciążenie ślepego wału jest zawsze bardzo niekorzystne i wysoce zmienne, wał ten więc musi być bardzo mocny i powinien być wykonany z najlepszego materiału,



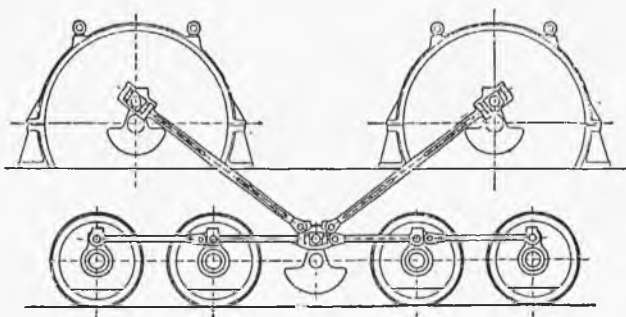
Rys. 99.

jak stali Martenowskiej, tyglowej, niklowej i t. p. Korby najlepiej jest wykonywać z jednej sztuki z osią, gdyż inaczej mogłyby się one łatwo rozluźniać.

\*) Kleinow, Elektrische Kraftbetriebe und Bahnen, rocznik 1910, str. 495, J. Buchli, Studie über Kuppelstangenantrieb bei elektr. Lokomotiven, Elektrotechnische Zeitschrift, rocznik 1914, zeszyt 22, str. 612.



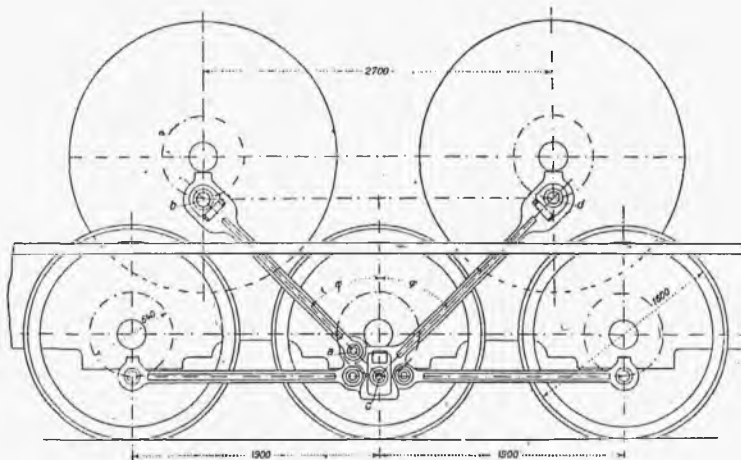
Z wyliczeń Kleinowa wynika, że umieszczenie motoru nie pionowo nad ślepy m wałem, jak na rys. 98-mym, lecz nieco z boku, jak na rys. 99-tym, jest lepsze. Jeżeli linja, łącząca środek wału motoru ze środkiem wału ślepego, tworzy z linją pionową kąt  $\beta$ , to ciśnienia, momenty i wogóle obciążenie ślepego wału zmniejszają się w stosunku do tych obciążeń przy umieszczeniu pionowem motoru w stosunku  $\cos \beta : 1$ .



Rys. 100.

Dla  $\beta = 60^\circ$  staje się więc n. p. obciążenie o 50%, mniejszem. W temże stosunku zmniejsza się i starcie panewek.

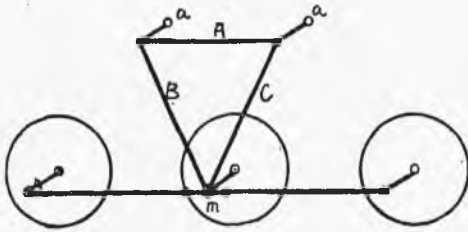
Ponieważ przy napędzie korbowodowym niema mas poruszających się tam i z powrotem, a są tylko masy obracające się, które można



Rys. 101.

zawsze doskonale zrównoważyć przez stosownie dobrane przeciwwagi, przeto żadne siły odśrodkowe nie działają na łożyska trzpieni korbowych, a starcie tych łożysk, jak również i łożysk czopa korbowego ślepego wału, jest zupełnie równomierne. Zbędnem przeto jest nastawianie tych łożysk. Natomiast dobrze jest budować łożyska ślepego wału tak, aby można było nastawiać je w dwu kierunkach do siebie prostopadłych.

Jeszcze korzystniejszym staje się obciążenie ślepego wału przy urządzeniu, jak na rys. 100-nym, gdzie dwa motory działają na wspólny wał.



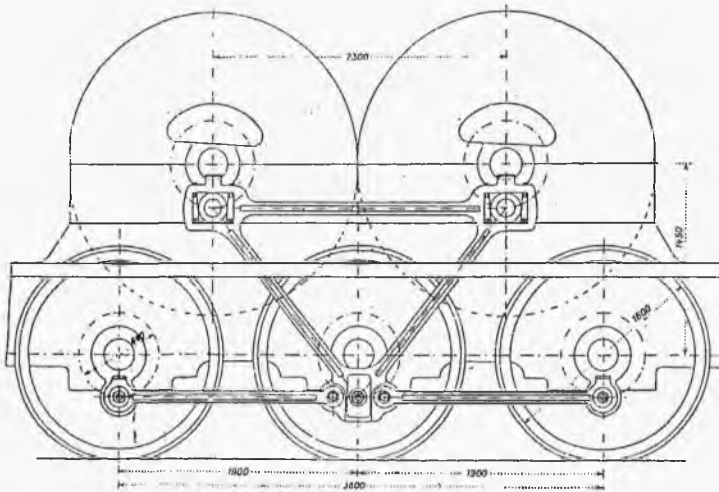
Rys. 102.

Wówczas obciążenie zmniejsza się w stosunku:  $\cos^2 \beta : 1$ ; jest zatem n. p. przy  $\beta = 60^\circ$  mniejsze o 75%.

Napęd z dwoma korbowodami widzimy na rys. 101-ym.

Napęd ten, prostszy od napędu o jednym korbowodzie z ciężkim ślepy m wałem, daje

się jednak z korzyścią zastosować tylko przy niewielkim kącie  $\beta$ , najwyżej  $65^\circ$ ; przy większym kącie obciążenia stają się łatwo niekorzyst-

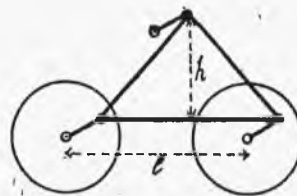


Rys. 103.

ne. Napęd więc z dwoma korbowodami dobry jest tylko dla wysoko umieszczonych motorów.

Rama sprzęgłowa systemu Kando, czyli rama trójkątna, nie wymaga ślepego wału. Zasadniczy kształt takiej ramy widzimy na rys. 102-gim i 103-cim.

Korby motorów  $a a$ , połączone ze sobą poziomym korbowodem  $A$ , działają przy pomocy dwu skośnych korbowodów  $B$  i  $C$  na korbę koła pędnego. Korbowody  $A$ ,  $B$  i  $C$  stanowią sztywną ramę. Przy jednym motorze stosowana bywa rama odwrócona, rys. 104-ty.



Rys. 104.

Ze wszystkich wyżej opisanych systemów napędów korbowych w praktyce dotychczas najlepszym okazał się napęd trójkątny, i to tem lepszy, im bardziej płaska staje się rama. Jak to już zaznaczyliśmy, większość uszkodzeń lokomotyw elektrycznych spowodowana była właśnie napędem (łamanie się korbowodów, zacieranie i zagrzewanie łożysk i t. p.); nierzadko też zdarzało się, że wibracje przy pewnej, krytycznej prędkości, innej dla każdej lokomotywy, wzrastały tak dalece, iż lokomotywa stawała się wprost niezdatna do pracy. Miało to n. p. miejsce przy kilku lokomotywach Chemins de fer du Midi, lokomotywie C—C kolei Lötschbergskiej i innych.

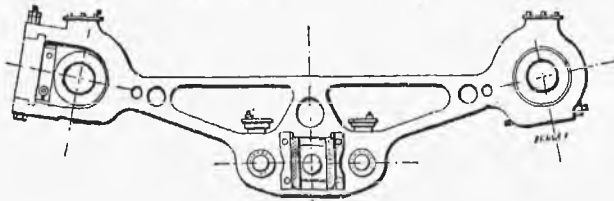
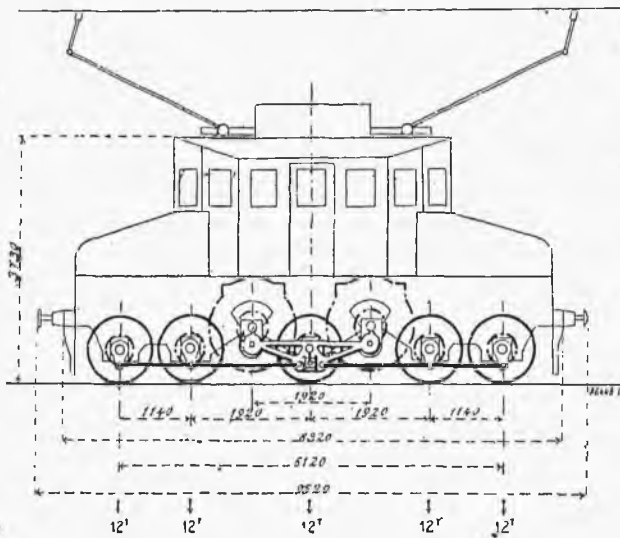
Otóż nie podobnego nie zdarzyło się nigdy przy napędzie trójkątnym; lokomotywy z takim napędem przeciwnie odznaczają się spokojnym i równym biegiem przy wszelkich prędkościach. Jak wielkie znaczenie ma przytem mała wysokość ramy, dowodzi tego przykład kolei państwowych włoskich. Panewki lokomotyw Westinghous typu T—550, najbardziej we Włoszech rozpowszechnionych, które mają ramę bardzo płaską, służą znacznie dłużej i zużywają prawie o połowę mniej smarów, jak łożyska lokomotyw Westinghous 1—C—1, które mają mniej spłaszczoną ramę napędową. Lokomotywę T—550 i detale ramy napędowej widzimy na rys. 105-tym.

Łożysko korby koła pędnego jest ruchome w pionowych prowadnikach, łożyska korb motorów i korbowodów są stawowe, kuliste.

Dzięki ruchomości czopa korbowego w pionowych prowadnikach ramy trójkątnej, zapobiega napęd trójkątny powstawaniu sił dodatkowych, wywołanych sprężynowaniem ramy podwozia względem osi. Natomiast napęd ten ma tą wadę, że wiąże sztywno ze sobą dwa punkty, korby dwu motorów, osadzone nieruchomo względem siebie. Montaż więc i dopasowanie muszą tu być nader dokładne, a wszelka, chociażby najmniejsza gra w łożyskach powoduje gwałtowne uderzenia, zwłaszcza w chwili przechodzenia korb przez ich martwe punkty, kiedy siły działające w sprzęgle zmieniają nagle swój kierunek. Pozatem napęd ten nie unika powstawania szkodliwych sił dodatkowych w krótkich wiązłach, wiążących ze sobą osie pędne.

Sztywnemu związaniu ze sobą korb dwu motorów zapobiega napęd, zastosowany przez T—wo Brown i Boveri na lokomotywach simplońskich. Lokomotywy te mają dwa wysoko osadzone motory i 4 osie pędne. Sprzęgło poziome, łączące ze sobą dwie środkowe osie pędne, ma w swym środku pionowe prowadniki, w których chodzi czop, połączony długim, ukośnym korbowodem z korbą jednego z motorów. Korbowod ten, odpowiednio przedłużony, ma na swym końcu czop, połączony drugim korbowodem, pochylonym w przeciwnym kierunku, z korbą drugiego motoru, rys. 106-ty.

Mamy tu więc ulepszony napęd przy pomocy dwu korbowodów.



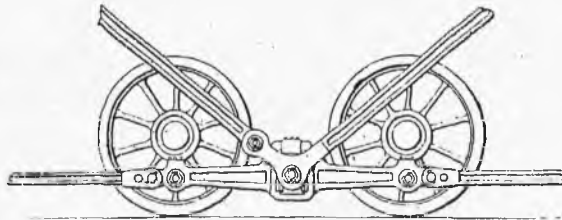
Rys. 105.

ponownej dźwigni, przytwierdzonej do ramy podwozia tak, że mogą się na niej poruszać wahadłowo. Ślepy wał połączony jest z tym wałem pomocniczym przy pomocy lekko pochylonego korbowodu, posiadającego w swym środku pionowe prowadniki, w których chodzi czop korbowy pierwszej osi pędnej. Mamy tu więc rodzaj bardzo spłaszczonego trójkąta, który jednak nie łączy ze sobą dwu nieruchomych względem siebie punktów (ruch wahadłowy wału pomocniczego). Długie poziome wiązło łączy korbowód z korbami pozostałych osi pędnych. Długość tego sprzęgła zmniejsza powstające w niem siły dodatkowe.

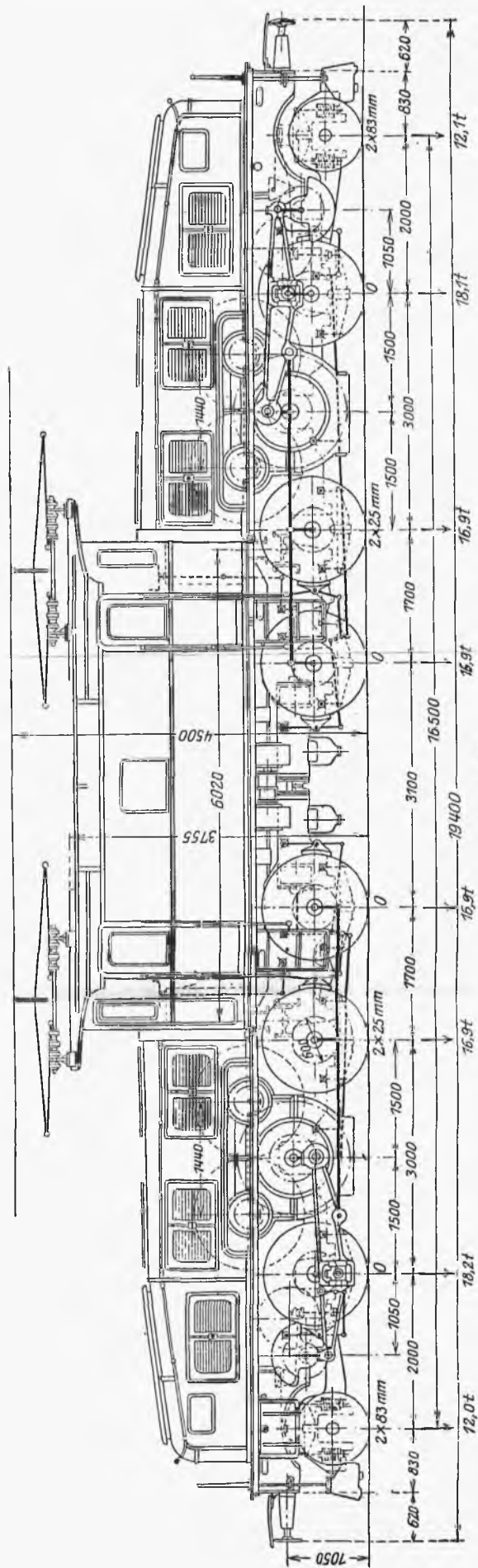
Zupełnie odmienny napęd mają ostatnie towarowe lokomotywy gothardzkie Tow. Oerlikon.

Lokomotywy te mają dwa wózki o trzech osiach pędnych i jednej potocznej każdy. Każdy wózek ma dwa, dość wysoko osadzone motory, oba napędzające przez koła zębate wspólny wał ślepy, osadzony w ramie podwozia nieco wyżej osi pędnych, pomiędzy pierwszą a drugą osią, rys. 107-my.

Pomiędzy pierwszą osią pędną a potoczną znajduje się wał pomocniczy, którego łożyska zawieszono są na krótkiej

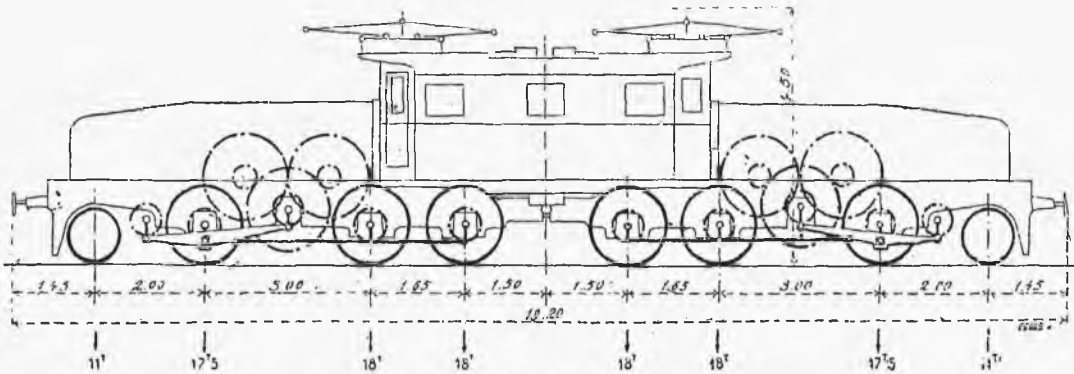


Rys. 106.



Rys. 108.

Rysunek tej lokomotywy widzimy na rys. 108-mym.



Rys. 107.

**5. Hamulce i piasecznice.** Lokomotywy elektryczne są zawsze zaopatrzone w hamulce pneumatyczne, niczem nie różniące się od hamulców, stosowanych przy lokomotywach parowych. Parę systemów tych hamulców opisaliśmy już w rozdziale X-tym, dalsze więc opisywanie ich byłoby tu zbędne. Wobec długości pociągów, stosowane bywają przeważnie hamulce samoczynne.

W Europie bywały dotychczas w hamulce pneumatyczne zaopatrywane tylko wagony osobowe, natomiast w Ameryce mają takie hamulce wszystkie wagony, tak osobowe, jak i towarowe.

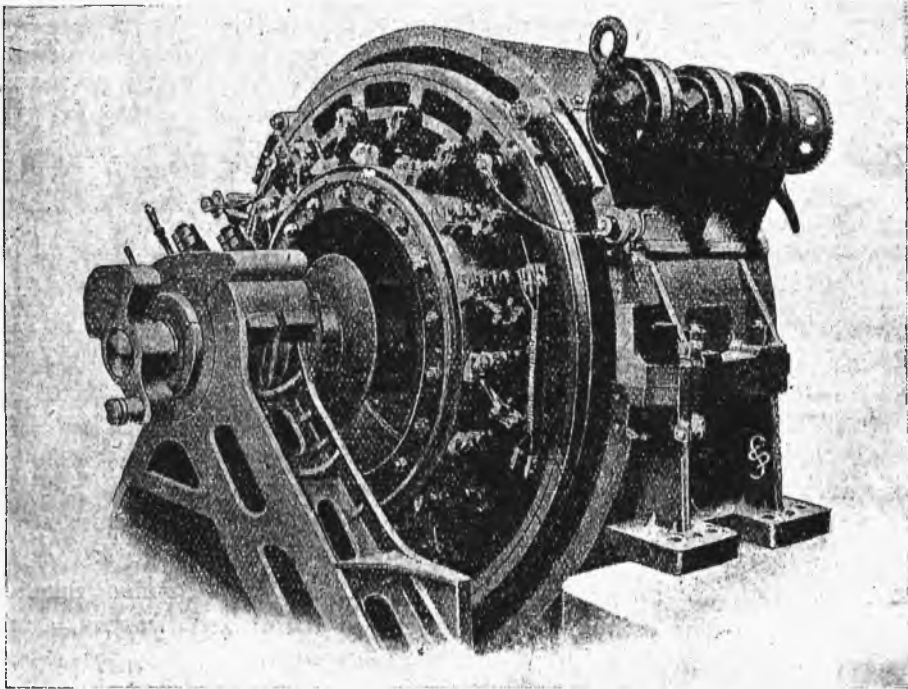
Hamulce elektryczne i odzyskiwanie energii bywa również stosowane, w ostatnich czasach coraz częściej; niezależnie jednak od ich zastosowania lub nie, lokomotywa miewa zawsze hamulec pneumatyczny. Potrzebne dla hamulców sprężone powietrze wytwarzają specjalne pompy z napędem elektrycznym. Sprężone powietrze bywa poza tym często używane do poruszania kontaktorów, podnoszenia zbieracza prądu i t. p. Oprócz hamulca pneumatycznego bywają lokomotywy zawsze zaopatrzone w hamulce ręczne, służące jako rezerwa, na wypadek zepsucia się innych hamulców.

Piasecznice bywają stosowane przeważnie z wydmuchem piasku przez sprężone powietrze; zbiorniki piasku bywają czasami ogrzewane elektrycznie, dla lepszego wysuszania piasku. Posypywanie szyn piaskiem zwiększa współczynnik przyczepności w chwili ruszania do  $1/4,5-1/5$ .

**6. Motory.** Przy mechanicznej budowie motorów kolejowych należy przedewszystkiem zwrócić baczną uwagę na moc i wytrzymałość wszystkich ich części tak na nagłe przeciążenia, jak i na mechaniczne wstrząśnienia. Nadzwyczaj ważne jest dalej racjonalne i intensywne chłodzenie. Powietrze winno mieć dostęp możliwie do wszystkich części

twornika i magnesnicy. Zwykle bywa w tym celu wirnik zaopatrzony w odpowiednie skrzydełka, które pędzą powietrze wzdłuż osi motoru. Powietrze powinno zawsze wchodzić ze strony przeciwległej kolektorowi i wychodzić przy kolektorze, aby pył węglowy, pochodzący ze szczotek nie był wdmuchiwany do wnętrza motoru.

Bardzo starannie powinny być wykonane łożyska; wobec małej szczeliny między twornikiem a magnesami należy koniecznie umożliwić centrowanie w miarę starcia panewek; służą ku temu kliny lub śruby,

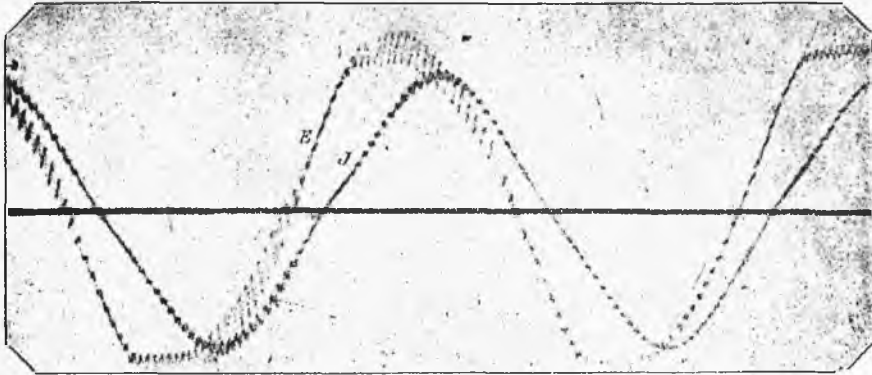


Rys. 109.

umieszczone w podstawie magnesnicy. Wskazaniem jest pozostawić waleń pewną grę w kierunku osiowym, 2 — 2,5 mm. w każdą stronę; gra taka zmniejsza znacznie starcie kolektora, gdyż szczotki scierają go wtedy równomiernie na całej szerokości.

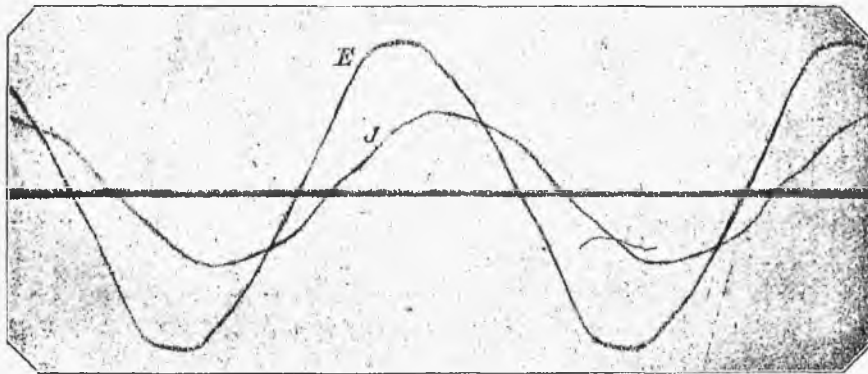
W celu większej dostępności i ułatwienia zmiany panewek magnesnica bywa zwykle dwudzielna tak, że górną jej część można łatwo odjąć. Jeżeli motor pracuje na ślepy wał, to bardzo jest ważne, aby wał motoru i ślepy wał były do siebie dokładnie równoległe. Równoległość taką można osiągnąć przez to, że umieszcza się łożyska obu wałów w jednolitym sztywnym odlewie, jak n. p. w 1700 konnym motorze Siemens-Schuckert rys. 109-ty.

Aczkolwiek ilość okresów prądów kolejowych jest zwykle tak mała, że słyszana być nie może, to jednak powstają zawsze przy biegu motorów fale dodatkowe o wielkiej częstotliwości, które silnie wpływają na



Rys. 110.

przewody prądów słabych, biegnące równoległe do linii kolejowej. Fale te dodatkowe, powstające skutkiem otwartych żłobków twornika spowodowane bywają przez zmiany strumienia magnetycznego.



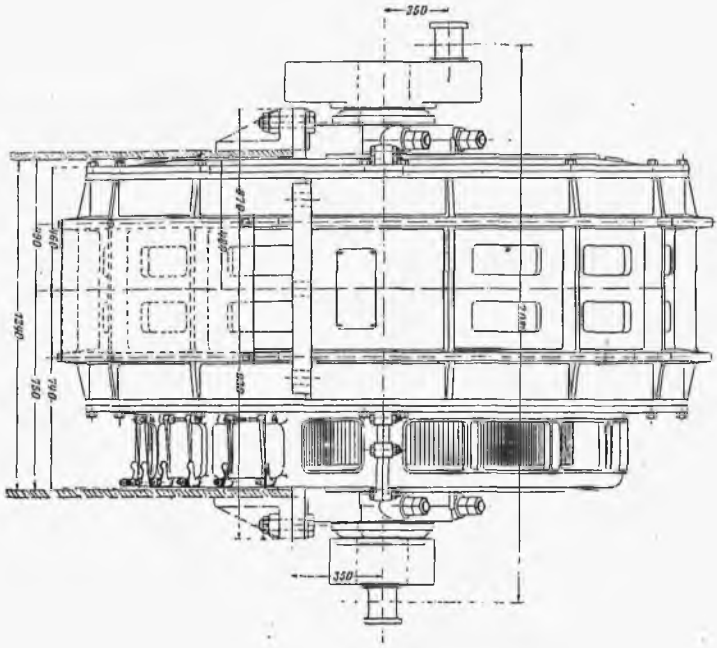
Rys. 111.

Powstawaniu tych fal zapobiega radykalnie stosowanie żłobków ukośnych i zamkniętych; nowsze motory mają zawsze takie żłobki.

Rys. 110-ty i 111-ty pokazują wykresy napięcia i prądu motoru z otwartymi i zamkniętymi żłobkami, zdjęte oscylograficznie.

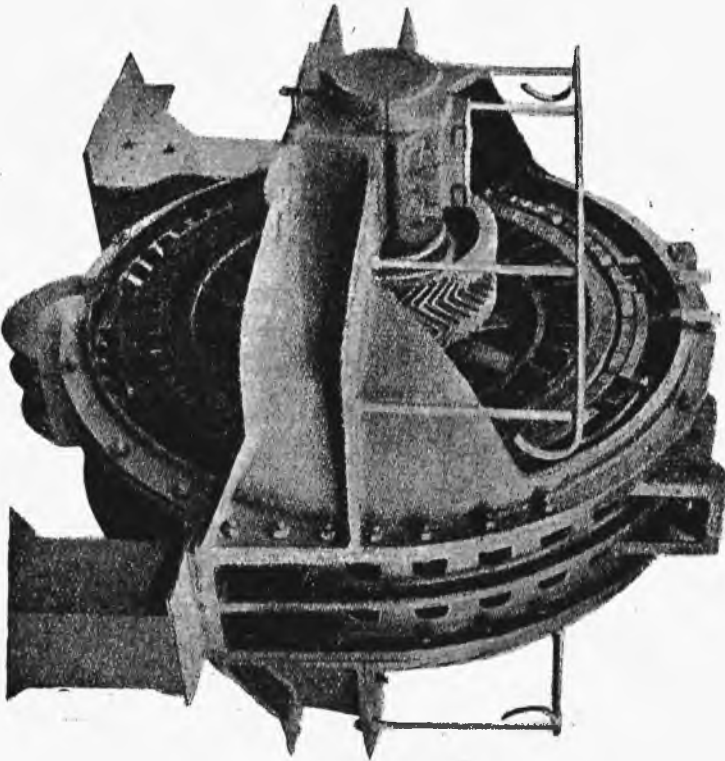
Motor 700 konny z napędem korbowodowym widzimy na rys. 112-ym i 113-ym.





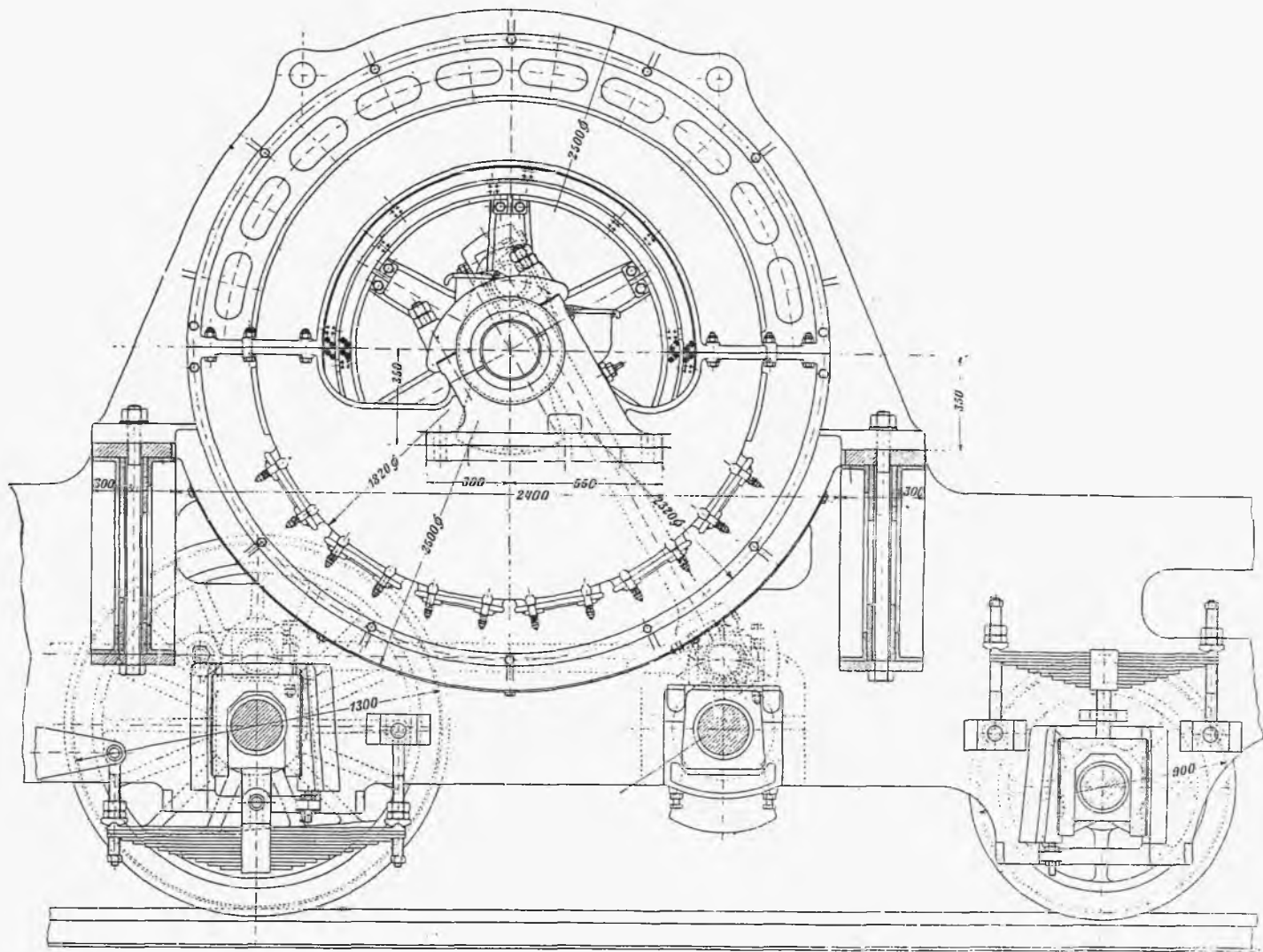
Rys. 113.

Motor 700 K. M. z napędem korbowym, widok boczny.

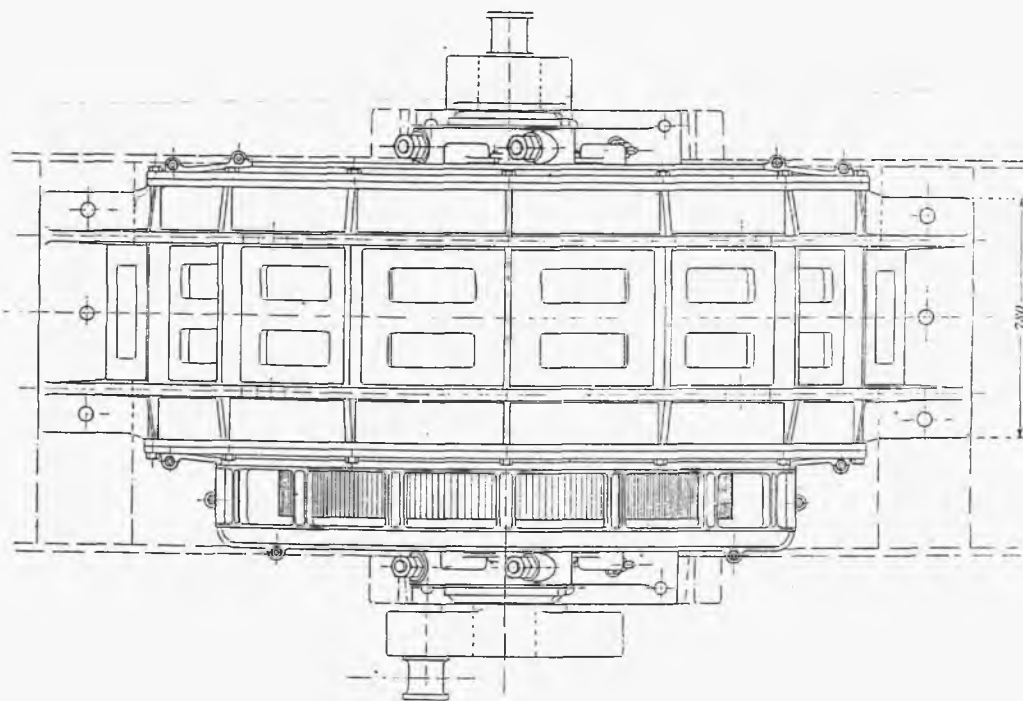


Rys. 114.

Motor kolei Iétschbergskiej, strona koła zębatego.

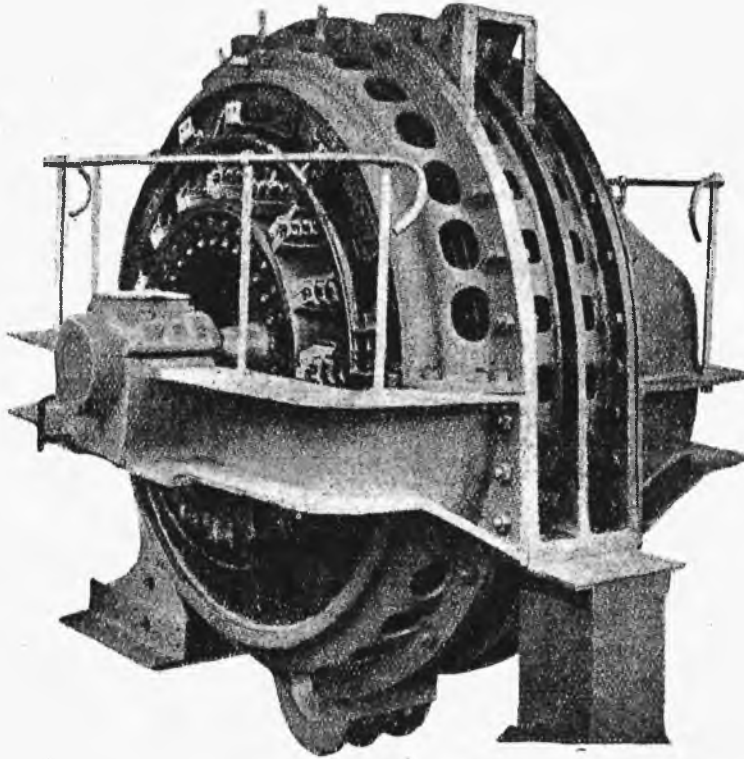


3000



Rys. 112.

Rys. 114-ty i 115-ty uwidaczniają bezpośrednio zasilany 1250 konny motor kolei Lötschberg.



Rys. 115.

Motor kolei lötschbergskiej, strona kolektora.

Motor działa przez koła zębate na ślepy wał, napędzający osie pędne lokomotywy. Wykres tego motoru widzimy na rys. 116-ym.

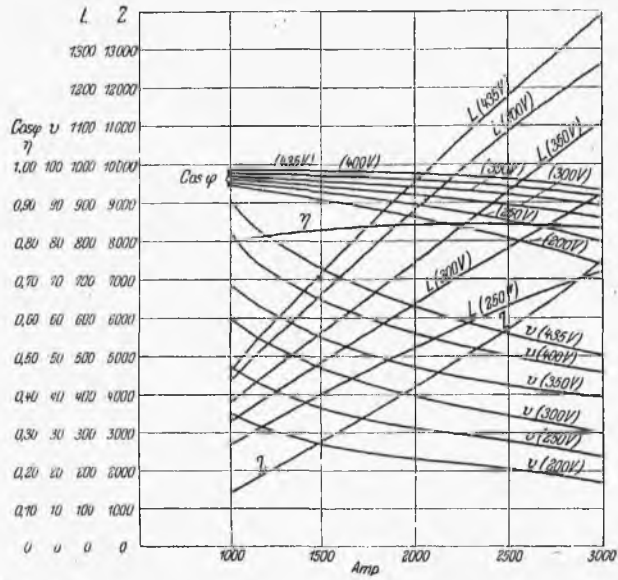
Motor bezpośrednio zasilany szeregowy fabryki Brown i Boveri rys. 117-ty, ma moc stałą 520 K. M. przy 640 obrotach i 515 voltach 900 amp.

Do ochładzania tego motoru służy oddzielny wentylator, na rysunku nie uwidoczniiony.

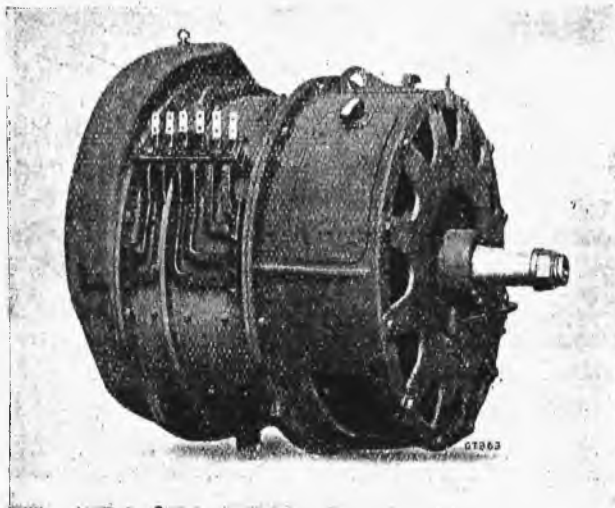
Wykres tego motoru widzimy na rys. 118-tym.

400 konny motor prądu stałego dla napięcia 1500 voltów, fabrykacji General Electric Co., przedstawiony jest na rys. 119-tym, 120-tym i 121-ym, wykres tego motoru na rys. 122-gim.

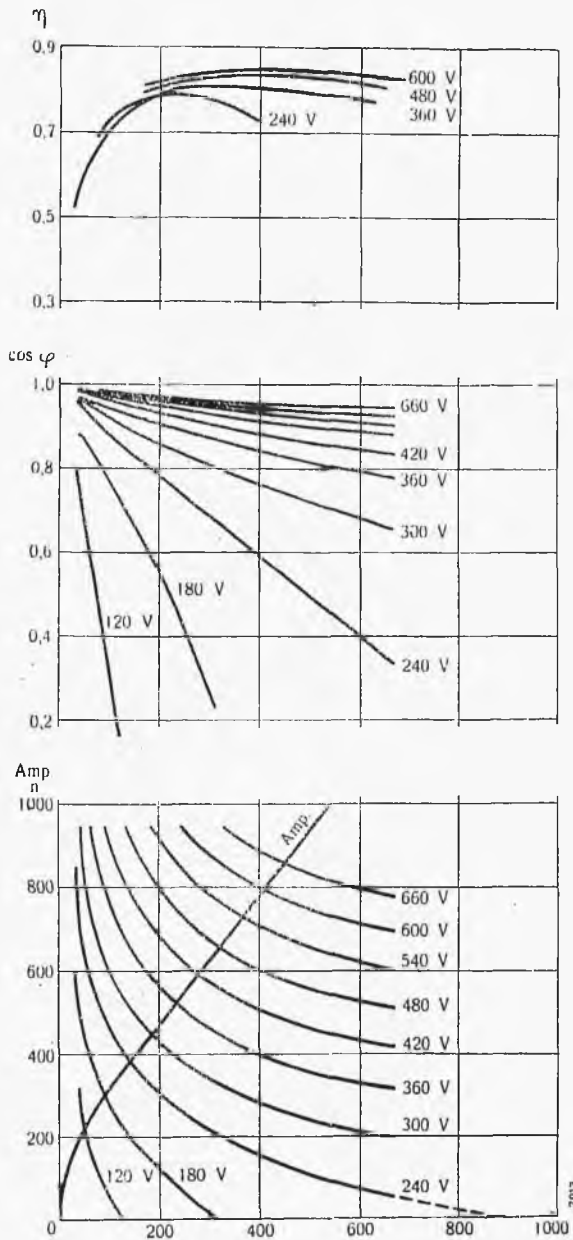
Motor ten wraz z przekładnią zębatą i pokrywą na nią waży 6760 kg. Moc jednogodzinna wynosi 452 K. M. przy 446 obrotach, moc stała przy



Rys. 116.

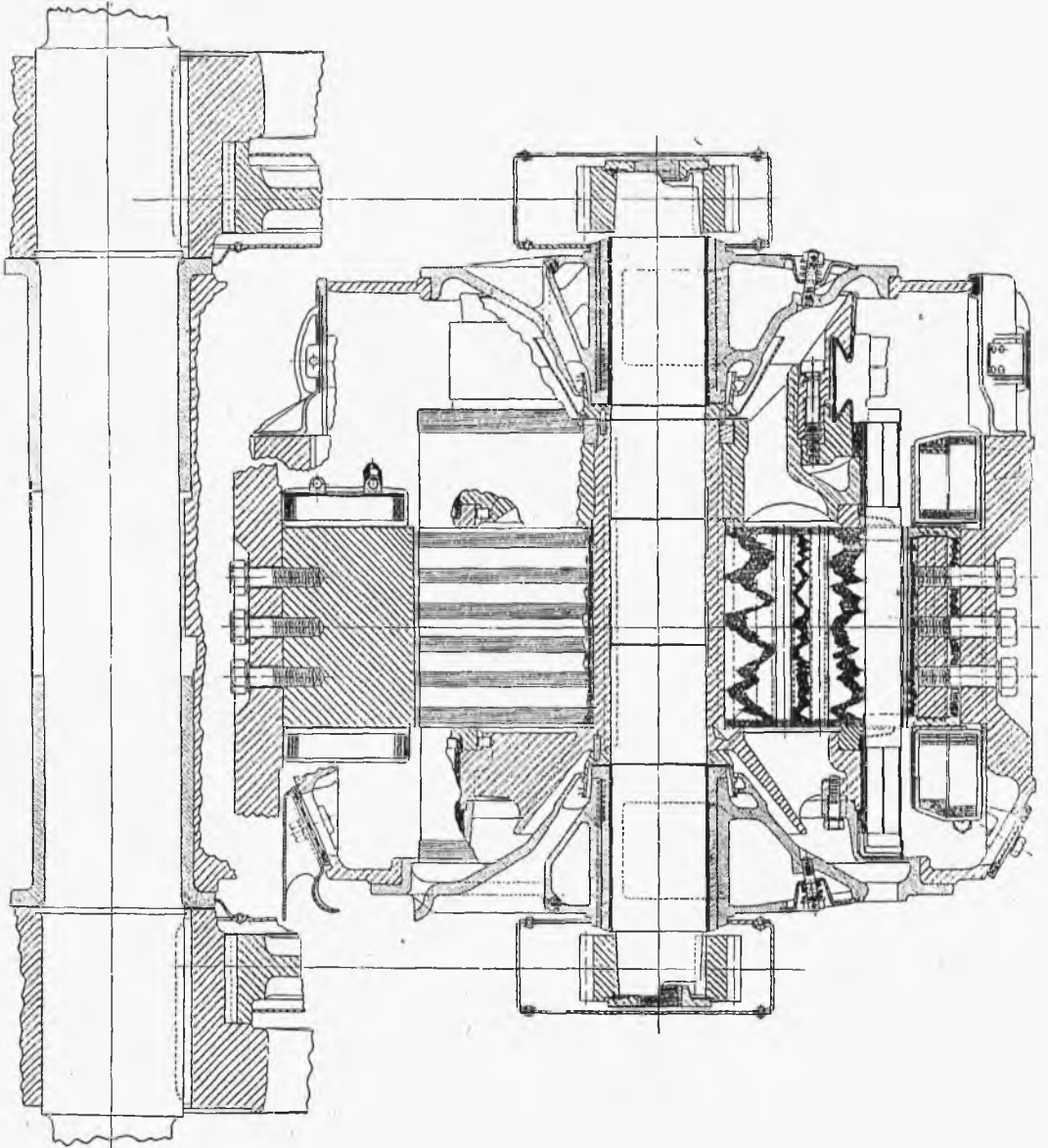


Rys. 117.

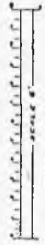
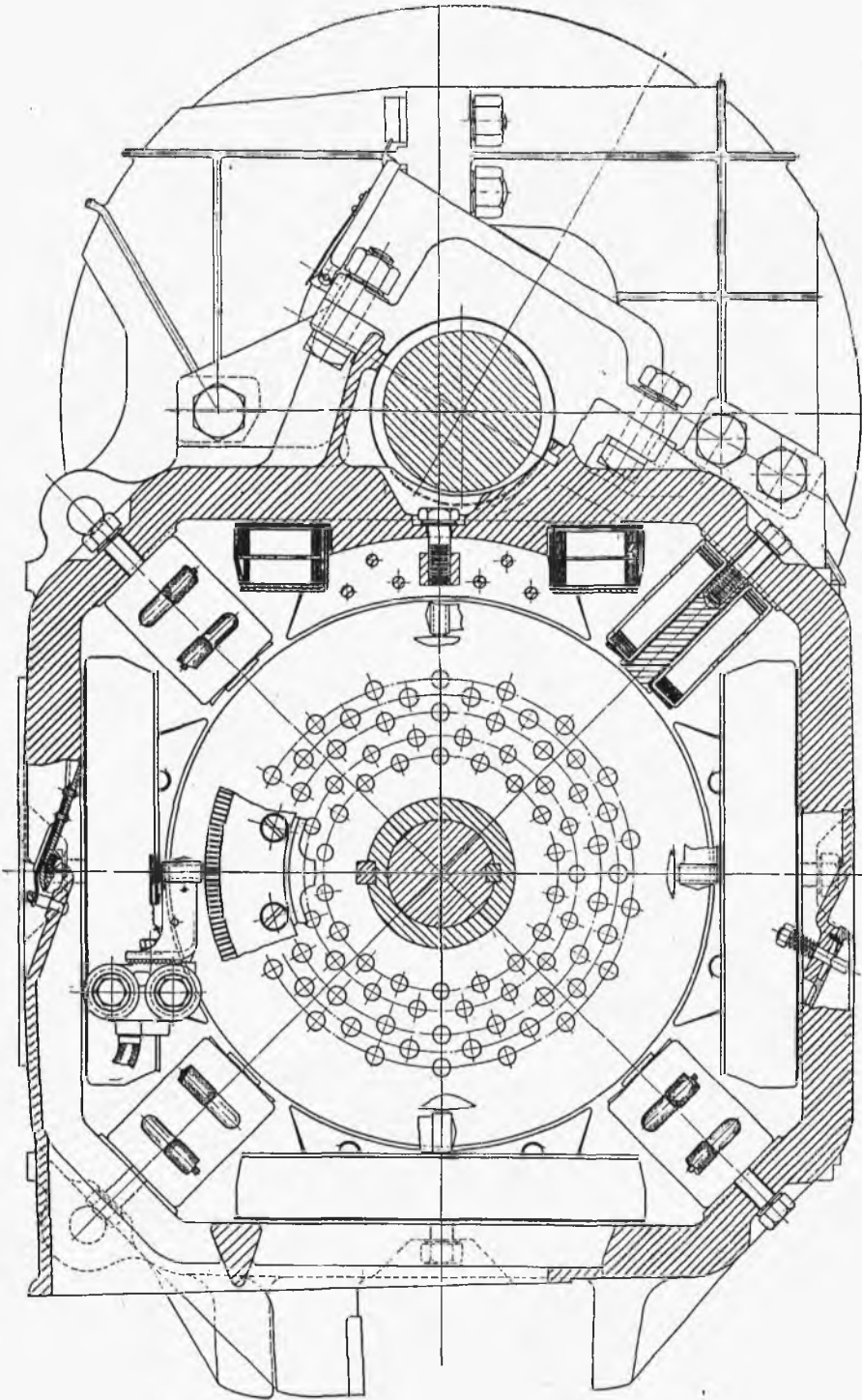


Rys. 118.

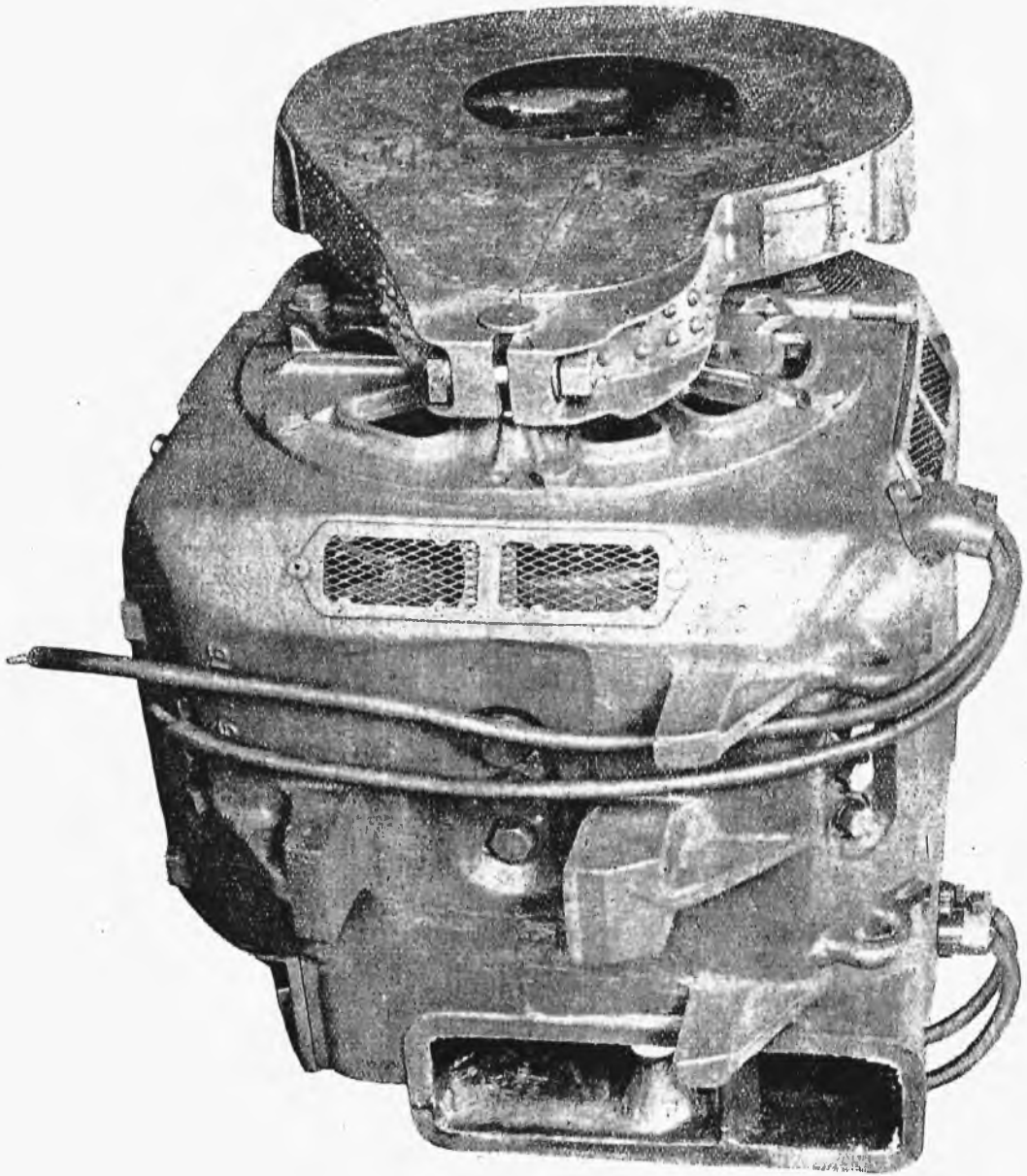
7913



Rys. 119.



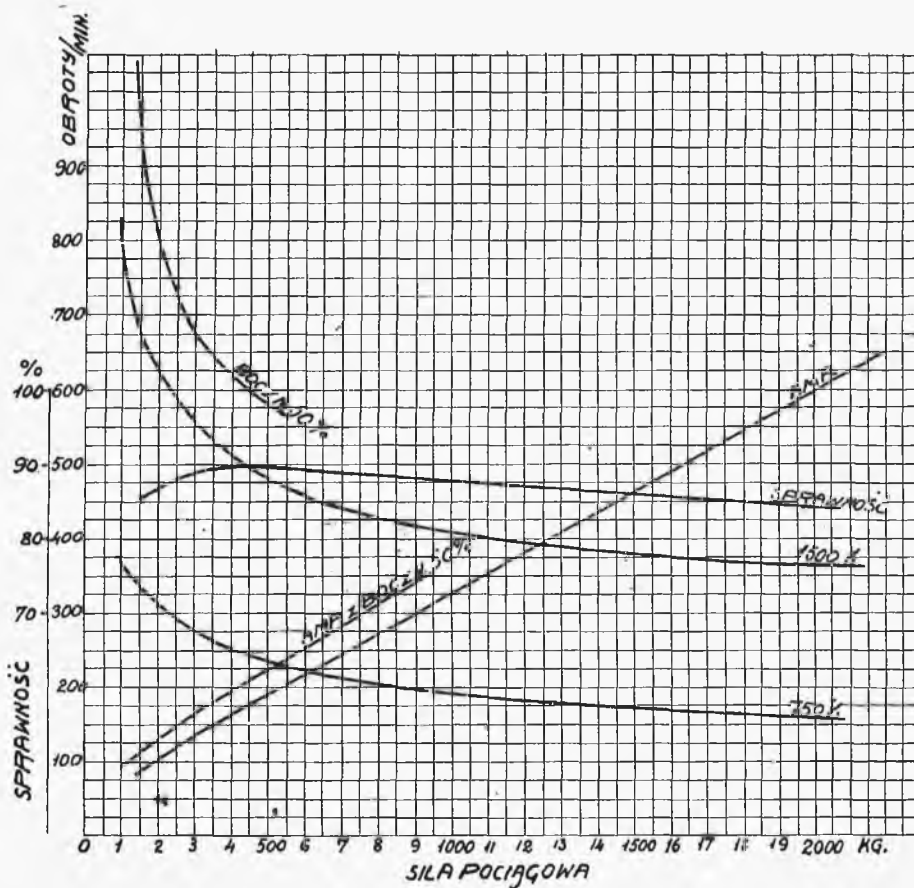
Rys 120.



Rys. 121.



podniesieniu temperatury twornika o  $100^{\circ}\text{C}$ ., a uzwojeń magnesowych o  $120^{\circ}\text{C}$ .— $396\text{ K}$ . M. Motor ma sztuczne chłodzenie i potrzebuje do tego  $71\text{ m}^3$  powietrza na minutę. Korpus motoru jest z jednej sztuki, biegunów jest 4 oraz 4 bieguny zwrotne, kolektor ma 348 działki.

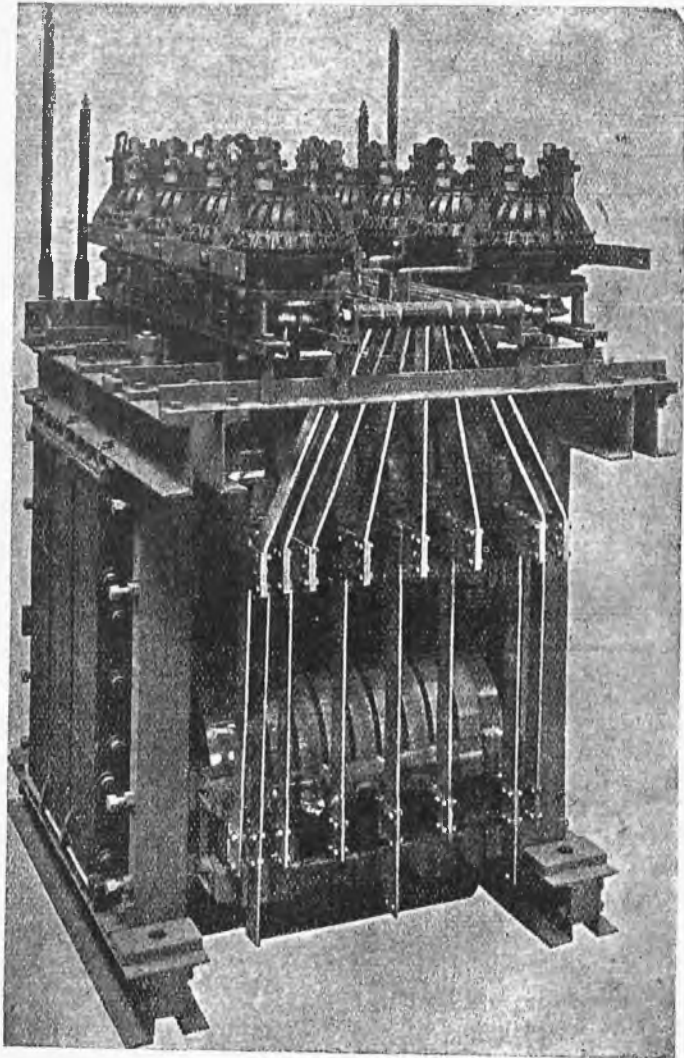


Rys. 122.

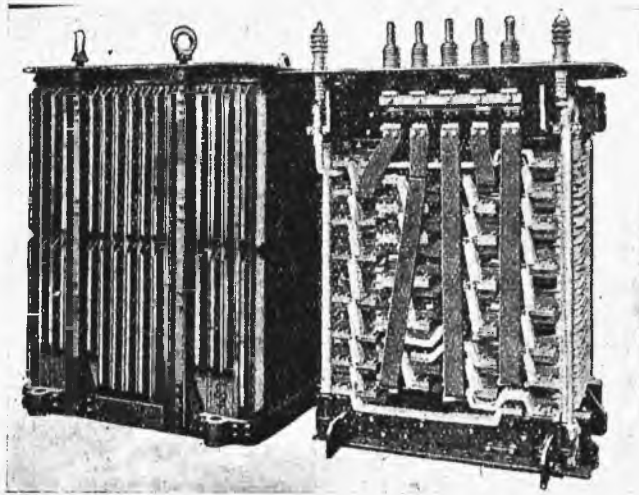
**7. Transformatory.** Transformatory stosowane bywają tak chłodzone powietrzem, jak i zatopione w oleju. Skutkiem lepszego przewodnictwa ciepła oleju transformatory olejowe znoszą naogół lepiej przeciążenia, jak powietrzne.

Co do samej budowy transformatorów, to należy zwracać uwagę na jej moc mechaniczną, gdyż przy przeciążeniach powstają często znaczne siły elektrodynamiczne pomiędzy uzwojeniami.

Transformator chłodzony powietrzem widzimy na rys. 123-cim, zatopiony w oleju na rys. 124-tym.



Rys. 123.



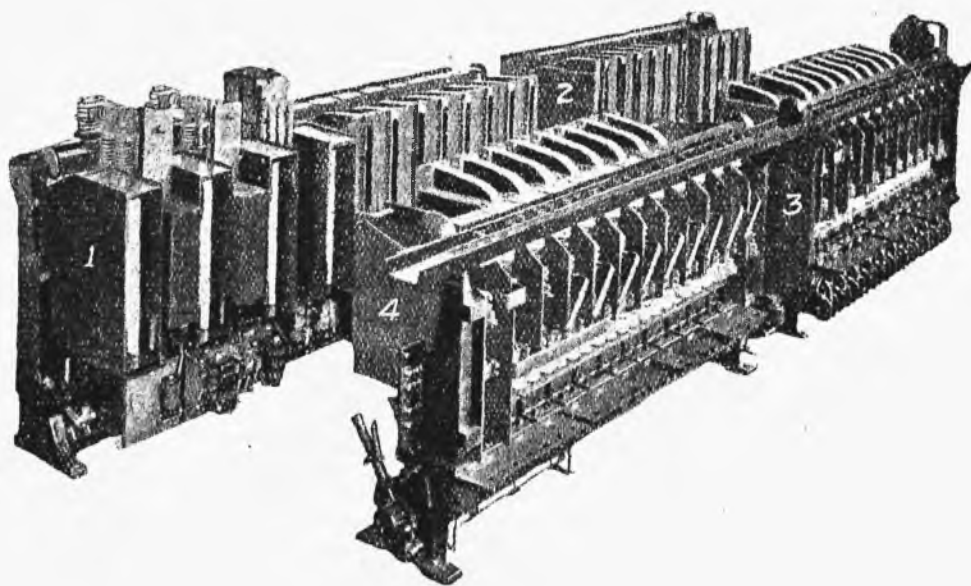
Rys. 124.

**8. Regulowanie prędkości.** Przy prądzie stałym służą do regulowania prędkości sposoby, które już poznaliśmy w części pierwszej rozdziale III, a zatem włączanie oporów dodatkowych, przełączanie motorów w szereg i równoległe oraz bocznikowanie. Obliczanie oporów, wykreślanie kres prędkości, obliczanie natężenia prądu, czasu jazdy i t. d. pozostają te same; pamiętać tylko należy, że przy ciężkich pociągach należy nieraz ruszać bardzo wolno, że więc opory muszą być tak obliczone, aby mogły wytrzymywać obciążenie znacznie dłużej, jak przy tramwajach i kolejach dojazdowych. Tak n. p. przepisy kolei Chicago Milwaukee and St. Paul pozwalają wytrzymać na poszczególnych kontaktach do 5 minut i zużyć na przejście do pełnej prędkości do 25 minut. Tak wolne ruszanie stosowane bywa tylko w wyjątkowych wypadkach, normalnie nie trwa ono dłużej, jak 10—12 minut. Wobec znacznie większych prędkości daje się dla uniknięcia zbyt rychłych szarpnięć znacznie więcej kontaktów opornikowych, często 10—15 dla połączenia szeregowego i tyleż dla równoległego, a pozatem kilka kontaktów wstępnych, dających początkowo mniejszą siłę pociągową.

Jeżeli motorów jest więcej jak dwa, to można stosować więcej kombinacji i w ten sposób otrzymywać więcej prędkości jezdnych. Tak n. p. 4 motory można łączyć albo wszystkie w szereg, albo dwa w szereg i dwie grupy po dwa motory równoległe, albo wreszcie wszystkie 4 równoległe, co daje trzy prędkości jezdne w stosunku mniej więcej 1:2:4.

Pozatem daleko szersze zastowanie ma tu bocznikowanie; spotyka się czasami po dwa położenia bocznikowe z bocznikowaniem na 25% i 50% dla każdego połączenia tak, że przy 4 motorach można otrzymać 9 prędkości jezdnych. Przy wyższych napięciach, poczynając od jakich 1500 voltów, łączy się zwykle po dwa motory stale w szereg tak, aby mieć motory tylko dla połowicznego napięcia.

Regulatory, działające bezpośrednio jak przy tramwajach, nie dają się już tu stosować tak wobec wysokości napięcia i wielkich natężeń prądów, jak i znacznej ilości kontaktów. Nastawianie więc odbywa się przy pomocy wyłączników elektromagnetycznych lub kontaktorów. Do



Rys. 125.

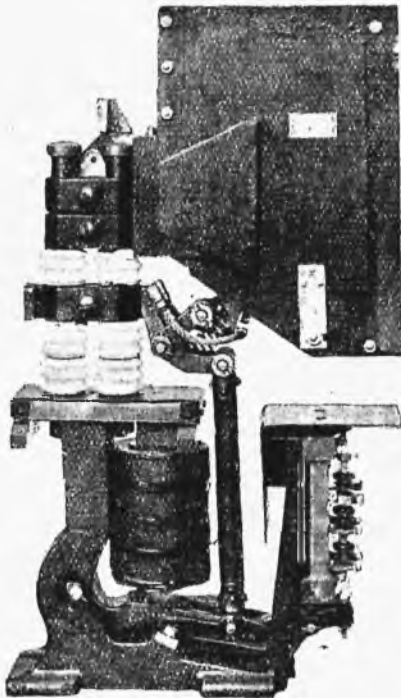
nastawiania używa się prądu o niskim napięciu, dostarczanego przez odpowiednią małą przetwornicę, do której dodawana bywa często niewielka bateria akumulatorów. Zamiast pojedynczych wyłączników elektromagnetycznych, które zawsze muszą być ze sobą tak związane, aby mogły być włączane tylko w pewnej kolejności, stosuje się często kontaktory, czyli całe grupy takich wyłączników, poruszane powietrzem sprężonym; zawory bywają przytem nastawiane elektromagnetycznie. Takie kontaktory elektropneumatyczne są naogół od pojedynczych wyłączników prostrze i lżejsze.

Grupę elektropneumatycznych kontaktorów dla 3000 voltów widzimy na rys. 125-ym i 126-ym.

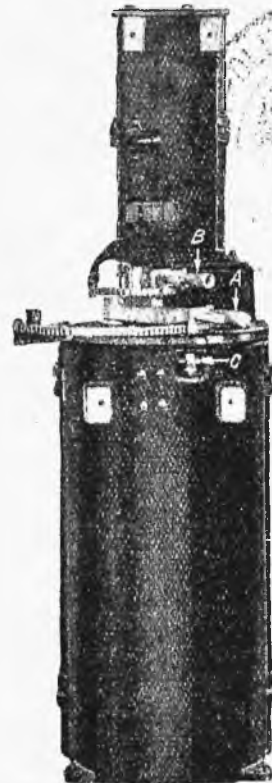
Regulator lokomotywy kolei Chicago Milwaukee and St. Paul widzimy na rys. 127-ym.

Mały walec nad walcem głównym stanowi oddzielny regulator dla odzyskiwania energii. Rączka główna *A* służy do regulowania prędkości, rączka *B* do regulowania odzyskiwania energii, rączka *C* do zmiany kierunku jazdy naprzód i wtył.

Przy prądzie zmiennym jednofazowym reguluje się prędkość najczęściej przez zmianę napięcia na zaciskach motorów.



Rys. 126.



Rys. 127.

W tym celu zaopatruje się wtórne uzwojenie transformatora w pewną liczbę odgałęzień, odpowiadających każde pewnemu napięciu. Podobnie jak przy łączniku ogniów akumulatorowych, powstaje przy przejściu z jednego napięcia na drugie krótkie zwarcie zwojów, zawartych pomiędzy odgałęzieniami; natężenie prądu krótkiego zwarcia ogranicza się przez włączenie oporów, rys. 128-my.

W chwili ruszania zamknięte są wyłączniki „1” i „b” [tak, że motor otrzymuje najniższe napięcie. Aby zwiększyć napięcie nie przerywając prądu, zamykamy „2” i otwieramy „b”; zwoje zawarte pomiędzy „1” i „2” są teraz zwarte przez zwojnicę dławikową *A*, działającą jako dzielnik napięcia; zwojnica zmniejsza natężenie prądu zwarcia. Następnie

otwieramy „1” i zamykamy „a”, poczem motor otrzymuje pełne napięcie, odpowiadające odgałęzieniu „2”.

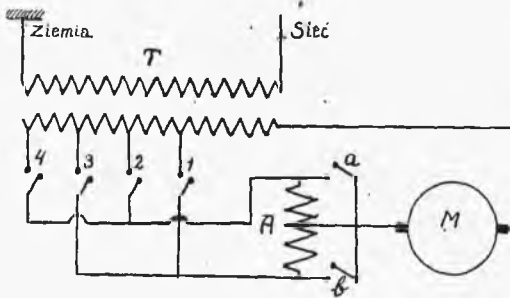
Przy dwu motorach można stosować połączenie, uwidocznione na rys. 129-tym.

Połączenie to działa w sposób następujący:

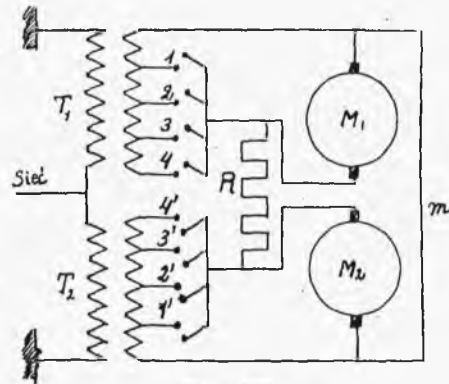
1) Wyłączniki „1”, „1'” są zamknięte, wszystkie inne otwarte, oba motory otrzymują jednakowe, najniższe napięcie, przez opornik  $R$  prąd nie płynie.

2) Wyłącznik „1” jest otwarty, „1'” zamknięty; prąd płynie z transformatora  $T_2$  przez wyłącznik „1'” do motoru  $M_2$  i przez opornik  $R$  do motoru  $M_1$ , który otrzymuje napięcie odpowiednio niższe.

3) Wyłączniki „1'” i „2'” są zamknięte; prąd płynie z transformatora  $T_1$  przez „2'” do motoru  $M_1$  i przez  $R$  do motoru  $M_2$ ; oprócz tego



Rys. 128.



Rys. 129.

płynie prąd zwarcia z  $T_1$  przez „2'”,  $R$ , „1'” i „m”; natężenie tego prądu ogranicza opór  $R$ . Motor  $M_2$  ma napięcie niższe o stratę w  $R$ .

4) Wyłącznik „1” jest otwarty, wyłączniki „2'” i „2'” są zamknięte, oba motory mają równe, zwiększone napięcie, przez  $R$  prąd nie płynie.

Im większa jest liczba odgałęzień, tem lepsza staje się regulacja, gdyż różnica napięcia od stopnia do stopnia jest mniejsza, a ilość różnych prędkości większa. Niemniej jednak nie można tym sposobem osiągnąć zupełnie ciągłej zmiany prędkości, gdyż pomiędzy stopniami powstają zawsze większe lub mniejsze skoki, powodujące nagłe zmiany prędkości, szarpnięcia i t. p., co niekorzystnie działa na motory i mechanizmy napędowe.

Możność ciągłej regulacji dają t. zw. regulatory indukcyjne, czyli transformatory obrotowe.

Jeżeli transformator zbudować tak, że jedno z jego uzwojeń, np. wtórne, będzie się mogło obracać naokoło osi „c”, rys. 130-ty, to w miarę

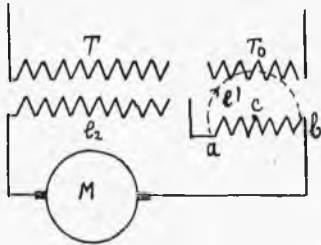
odchylania się tego uzwojenia od położenia „ab“ zmniejszać się będzie jego napięcie wtórne, gdyż coraz mniejsza część sił magnetomotorycznych obwodów będzie związana ze sobą.

Pozostała, nie związana część sił magnetomotorycznych wywołuje pole rozproszenia i zwiększa przesunięcie faz. Przy położeniu pionowym do siebie osi uzwojeń staje się  $e'_2 = 0$ , przy dalszem zaś obracaniu ujemnym względem  $e_2$ , aż przy zamianie położenia „a“ i „b“, napięcie  $e'_2$  osiągnie znowu największą swą wartość, lecz pozostanie względem  $e_2$  ujemnym.

Jeżeli n. p. mamy zmieniać napięcie w stosunku 1:2, to musi być:

$$e_2 - e'_2 = \frac{1}{2} (e_2 + e'_2), \quad \text{a zatem } e'_2 = 1/3 e_2.$$

Ponieważ przez uzwojenia wtórne płynie ten sam prąd, przeto i moc transformatora obrotowego  $T_0$  będzie tylko  $1/3$  mocy transformatora głównego  $T$ .



Rys. 130.



Rys. 131.

Nie mniej jest jednak transformator obrotowy zawsze dość ciężki i zwiększa znacznie wagę urządzeń elektrycznych lokomotywy; poza tem wpływa transformator obrotowy niekorzystnie na przesunięcie faz. Pole rozproszenia, powstające skutkiem obrotu uzwojeń transformatora i zwiększające przesunięcie faz, można zrównoważyć przez dodanie krótko zwartej cewki „kk“ rys. 131-szy.

Cewka „kk“ umieszczona w części stałej transformatora prostopadle do cewki pierwotnej „1“ działa tak, jak krótko zwarta cewka wyrównawcza bezpośrednio zasilanego motoru. Pole rozproszenia zrównoważa się prawie całkowicie przez wtórne oddziaływanie (pozostaje tylko tyle, wiele jest koniecznym dla przewyciężenia oporu omowego cewki „kk“).

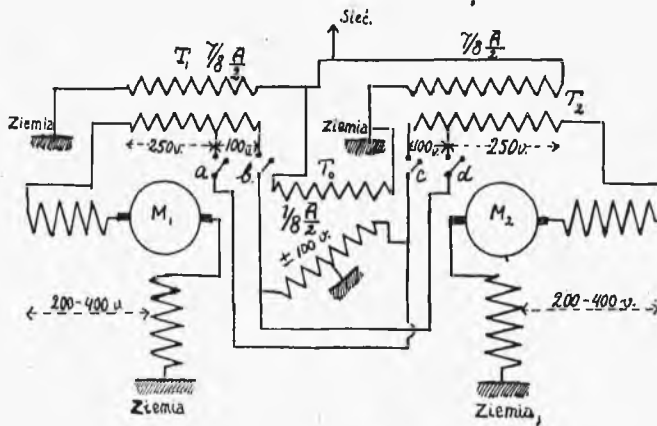
Ze względu na natężenie prądów przepływających przez uzwojenia wtórne lepiej jest robić uzwojenia pierwotne ruchome (wraz z cewką „kk“).

Moc, a zatem i wagę, transformatora obrotowego można znacznie zmniejszyć, łącząc go z pewną ilością odgałęzień na transformatorze

głównym, czyli używając transformatora obrotowego dla przejścia z jednego stopnia na drugi.

Oznaczmy przez:  $A$       moc lokomotywy  
 $M_1$   $M_2$     motory  
 $T_1$   $T_2$     transformatory główne  
 $T_0$         transformator obrotowy

i załóżmy, że przy dwu motorach i połączeniu, jak na rys. 132-gim, wtórne uzwojenia każdego z transformatorów głównych mogą dać napięcie 350 voltów i że napięcie na zaciskach motorów mamy regulować w granicach 200—400 voltów.



Rys. 132.

Odgałęzienia „a” i „d” umieszczamy tak, że dają one napięcie 250 voltów, a transformator obrotowy  $T_0$  obliczamy tak, aby dawał napięcie od + 100 do — 100 voltów.

1) Wyłączniki „b” i „c” są otwarte, „a” i „d” zamknięte, transformator obrotowy jest tak ustawiony, że daje maksymalne napięcie — 100 voltów; każdy z motorów otrzymuje napięcie:

$$\frac{250 + 250 - 100}{2} = 200 \text{ voltów.}$$

2) Transformator obrotowy obracamy stopniowo o 180°, skutkiem czego napięcie jego staje się = + 100 voltów; napięcie na zaciskach motorów wynosi:

$$\frac{250 + 250 + 100}{2} = 300 \text{ voltów.}$$

3) Zamykamy wyłączniki „b” i „c”, skutkiem czego transformatory główne dają napięcie 350 voltów, napięcie zaś transformatora obroto-



wego staje się względem napięcia transformatorów głównych ujemne tak, że motory otrzymują niezmiennione napięcie:

$$\frac{350 + 350 - 100}{2} = 300 \text{ voltów.}$$

Ponieważ napięcie transformatora obrotowego jest równe napięciu odgałęzień od „a” do „b” względnie od „c” do „d”, lecz przeciwnie skierowane, przeto prądu krótkiego zwarcia niema i możemy otworzyć wyłączniki „a” i „d” bez iskrzenia.

4) Obracając powoli transformator obrotowy o dalsze 180° zmieniamy jego napięcie na + 100 voltów, skutkiem czego napięcie przy zaciskach motorów rośnie do:

$$\frac{350 + 350 + 100}{2} = 400 \text{ voltów.}$$

Moc transformatora obrotowego wynosi tylko  $\frac{1}{8}$  mocy lokomotywy.

Łatwo można wykazać, że moc transformatora obrotowego wynosi tylko  $\frac{1}{12}$  mocy lokomotywy przy zastosowaniu 3 odgałęzień,  $\frac{1}{16}$  przy 4 odgałęzieniach i ogólnie przy  $n$  odgałęzieniach  $\frac{1}{4 \cdot n}$  mocy lokomotywy.

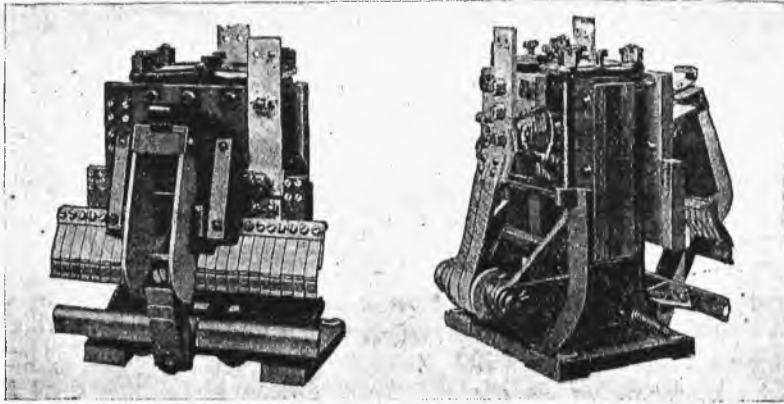
Jak więc widzimy, transformatory obrotowe w ten sposób zastosowane zwiększają tylko nieznacznie wagę lokomotyw, a nie wpływają prawie na zwiększenie przesunięcia faz zapewniają doskonale regulowanie. Układ połączeń staje się jednak znacznie bardziej złożony, skutkiem czego wolą często konstruktorzy zadowolić się gorszym regulowaniem przez odgałęzienia, unikając skomplikowanego układu połączeń.

Włączanie i wyłączanie poszczególnych wyłączników uskutecznia się zwykle przy pomocy wyłączników elektromagnetycznych i przekaźników (podobnych do stosowanych przy prądzie stałym). Prąd do wzbudzania solenoidów otrzymuje się z odpowiedniego odgałęzienia transformatora głównego. Do stopniowego włączania i wyłączania wyłączników elektromagnetycznych służą regulatory, podobne do regulatorów tramwajowych.

Wyłącznik elektromagnetyczny widzimy na rys. 133-cim.

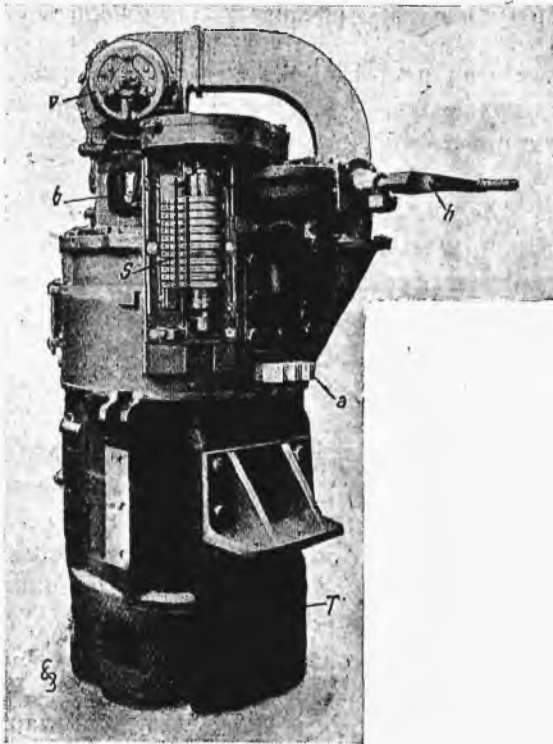
Wyłącznik ten oprócz kontaktów głównych posiada jeszcze kontakty dodatkowe, które rozłączają się dopiero po rozłączeniu kontaktów głównych tak, że iskry tylko na nich powstawać mogą. Kontakty dodatkowe są zaopatrzone w silne gaśniki elektromagnetyczne i są tak zbudowane, że można je łatwo wymieniać.

Do sterowania używa się często prądu stałego, otrzymywanego z małej przetwornicy, co, mimo komplikacji, przedstawia jednak poważne zalety.



Rys. 133.

Transformatory obrotowe napędzane bywają albo przez specjalne motorki elektryczne, puszczone w ruch w odpowiednim kierunku przez regulator, albo też pneumatycznie. Motory te sprzężone są mechanicznie



- a* = zaciski główne,
- b* = hamulec,
- T* = transformator,
- v* = wentylator,
- S* = walec regulatora,
- h* = korba ręczna (motor jest za walcem).

Rys. 134.

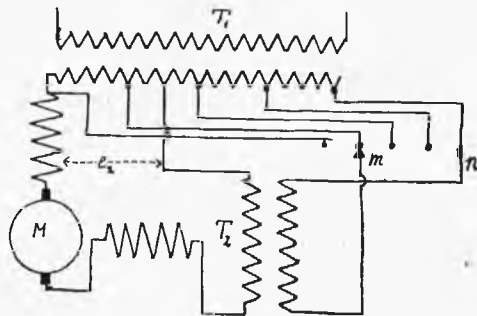
z oddzielnym walcem regulatorowym, który włącza wyłączniki elektromagnetyczne, włączające odpowiednie odgałęzienia transformatora głównego. Taka budowa upraszcza oczywiście znacznie regulator główny, który wtedy ma tylko włączać i wyłączać motor transformatorowy i zmieniać kierunek jego obrotów.

Transformator obrotowy wraz z motorem i walcem regulatorowym widzimy na rys. 134-tym.

Widoczna na rysunku korba służy do ręcznego obracania transformatora.

Przy nastawianiu elektromagnetycznym lub elektropneumatycznym z największą łatwością daje się uskutecznić sterowanie z przedniej lokomotywy dwu lub więcej lokomotyw, dowolnie rozmieszczonych w pociągu.

Transformator obrotowy można zastąpić stałym transformatorem dodatkowym „ $T_2$ ”, rys. 135-ty; w zależności od połączenia zacisków „ $m$ ” „ $n$ ”, napięcie tego transformatora zwiększa lub zmniejsza napięcie transformatora głównego. Zaletą tego systemu jest to, że w obwodzie motorów niema wyłączników, napięcie zaś reguluje się, zmieniając pierwotne napięcie transformatora dodatkowego „ $T_2$ ”.



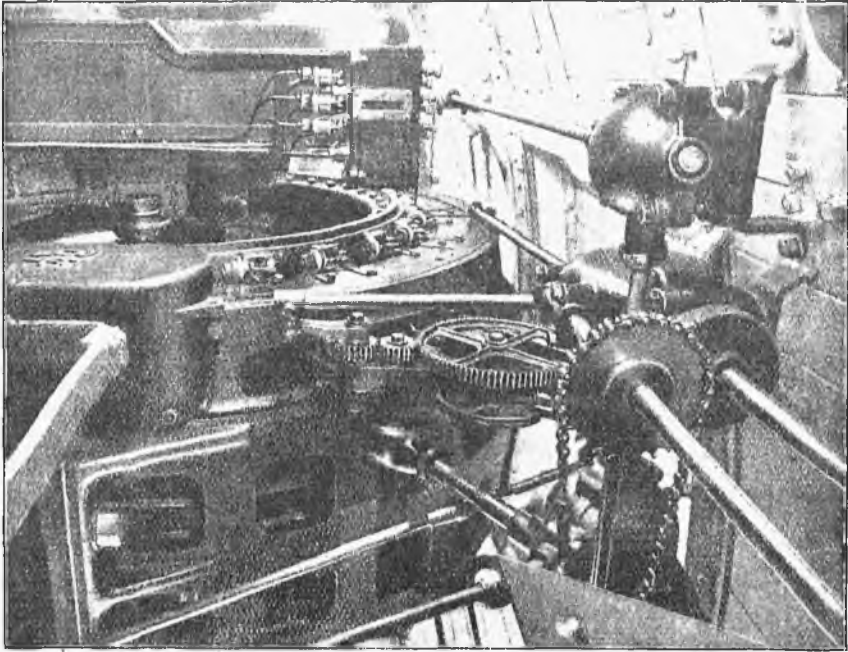
Rys. 135.

Przesuwanie szczotek przy motorach systemu Deri może być wykonywane przy pomocy motoru elektrycznego, sterowanego z regulatora, pneumatycznie, lub wreszcie ręcznie, gdyż potrzeba na to bardzo mało siły. Rys. 136-ty uwidocznia takie urządzenie do ręcznego przesuwania szczotek.

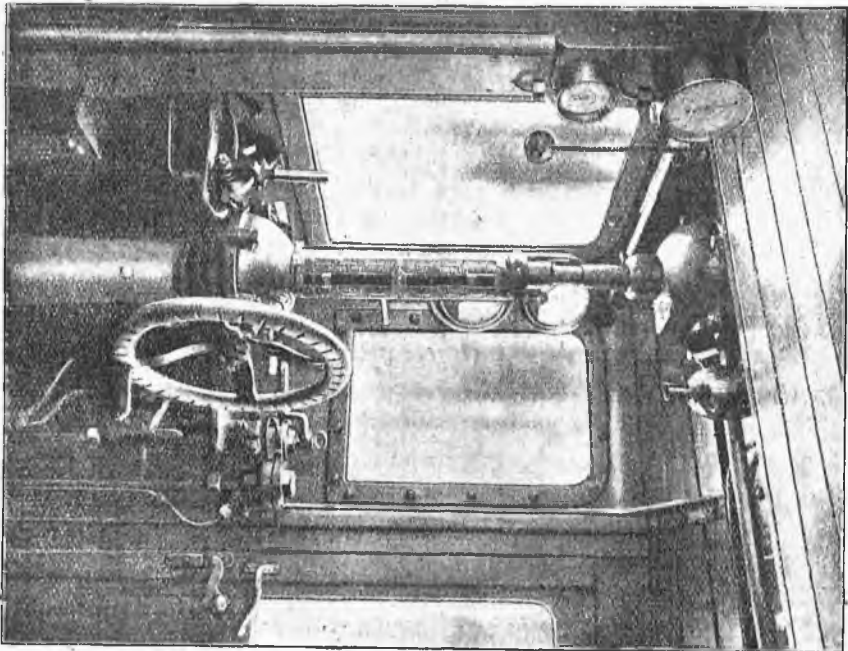
Maszynista reguluje prędkość, obracając koło, widoczne na rys. 137-mym, przedstawiającym wnętrze przedziału dla maszynisty.

Szwajcarska fabryka Oerlikon zastępuje liczne wyłączniki elektromagnetyczne, niezbędne dla sterowania, jednym regulatorem odpowiedniej wielkości. Regulator ten składa się tak, jak normalne regulatory tramwajowe, z walca z materiału izolacyjnego, na którym umieszczone są segmenty brązowe; po tych segmentach ślizgają się palce kontaktowe. Walec ten nie może być obracany ręcznie, lecz tylko przy pomocy motoru elektrycznego lub też napędu pneumatycznego. Walec taki, umieszczony bezpośrednio nad transformatorem, widzimy na rys. 138-mym.

Transformator może dawać 12 różnych napięć; napięcie przy zaciskach reguluje się w granicach 90—520 voltów.

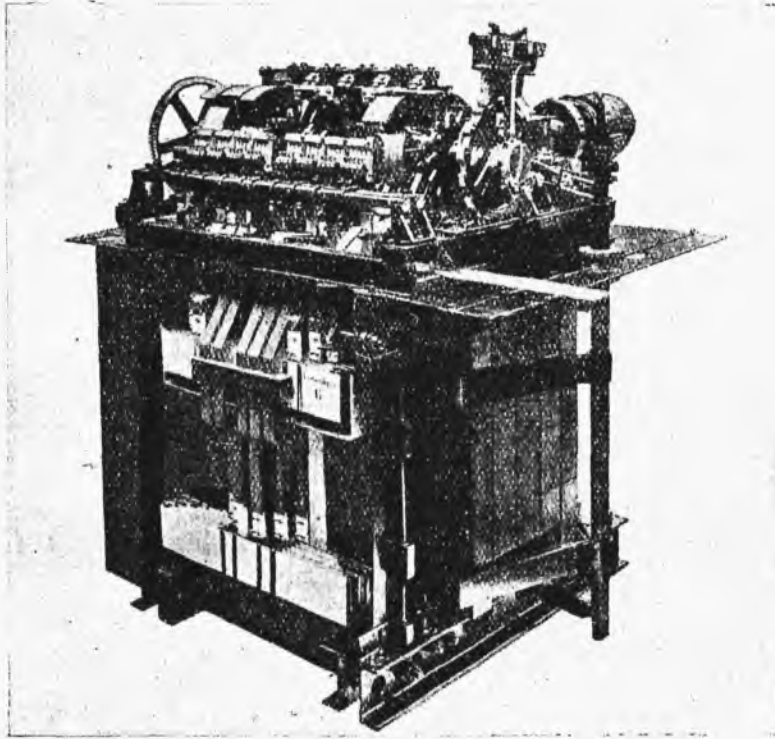


Rys. 136.



Rys. 137.

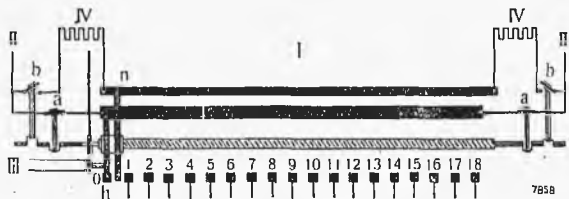
Fabryka Szwajcarska Brown i Boveri używa na swych lokomotywach prądu zmiennego kontaktorów odmiernej budowy, stanowiących rodzaj włączników ogniów akumulatorowych, rys. 139-ty.



Rys. 138.

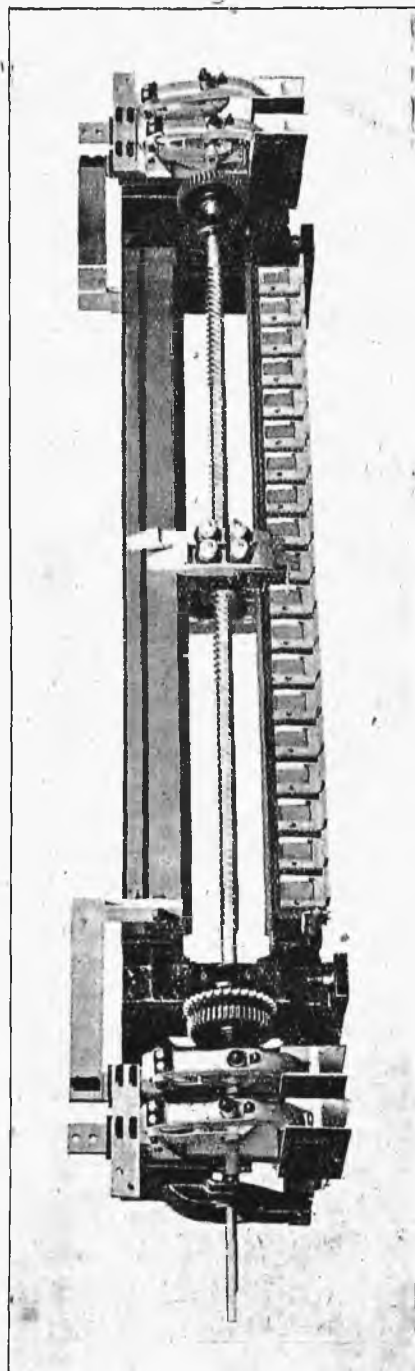
Izolowane od siebie szczotki „n” i „h” włączają stopniowo przez szynę I i iskierniki „a” i „b” odgałęzienia transformatora; przy przejściu

- I Szyna główna i pomocnicza
- II Przewody do motoru
- III Przewody sterujące
- IV Opory
- „a” i „b” iskierniki
- „n” i „h” szczotki główna i pomocnicza
- 0—18 odgałęzienia od transformatora.



Rys. 139.

ze stopnia na stopień włączony zostaje opór IV, który zmniejsza prąd krótkiego zwarcia między sąsiednimi odgałęzieniami transformatora. Iskierniki „a” i „b” są mechanicznie tak związane ze szczotkami, że te ostatnie przechodzą z odgałęzienia na odgałęzienie zawsze bez prądu,



Rys. 140.

przerwa prądu zaś, a zatem i iskrzenie powstawać może tylko na iskiernikach „a” i „b”. W ten sposób stają się gaśniki przy wszystkich kontaktach zbytne, co upraszcza znacznie całą budowę kontaktora. Szczotki poruszane są przez motorki prądu stałego. Dwa kontaktry połączone razem stanowią jedną całość i są ustawione bezpośrednio na transformatorze. Gotowy kontaktor widzimy na rys. 140-tym.

Najtrudniejsze jest regulowanie prędkości przy prądzie zmiennym trójfazowym. Motory trójfazowe mają w zasadzie stałą liczbę obrotów, niezależną od napięcia i obciążenia, a przy danej ilości biegunów tylko od ilości okresów prądu. Opory, włączone w obwód wirnika, zmniejszają wprawdzie ilość obrotów, ale także i moc motoru i jego moment obrotu.

Aby otrzymać jednak niezbędne dla trakcji różne prędkości trzeba tu stosować już bardziej złożone połączenia, które przytem wpływają zawsze niekorzystnie już to na współczynnik sprawności i moc, już to na przesunięcie faz. Do takich należy przedewszystkiem połączenie t. zw. kaskadowe, czyli „tandem”, przy którym stójnik drugiego motoru zostaje zasilany nie z sieci, ale przez wirnik pierwszego motoru, przez co otrzymuje się prędkość połowiczną, a dalej różne przełączenia uzwojeń stójnika tak, aby otrzymywać różną ilość biegunów.

W ten sposób daje się osiągnąć kilka prędkości jezdnych, należy jednak pamiętać, że między temi prędkościami a prędkościami jezdniemi przy prądzie stałym lub jednofazowym zachodzi zasadnicza różnica. Prędkości przy prądzie stałym lub jednofazowym nie są stałe, ale zmieniają się samoczynnie wraz z obciążeniem tak, że przy jeździe pod górę prędkość się zmniejsza, a rośnie moment obrotu i siła pociągowa, przy prądzie zaś trójfazowym raz nastawiona prędkość pozostaje zupełnie stała, niezależnie od obciążenia, a zatem taka sama przy jeździe na równi lub z góry, jak pod górę. Właściwość ta stanowi właśnie jedną z kardynalnych wad prądu trójfazowego.

Wagony motorowe kolei państwowej Włoskiej Valtelliny są zaopatrzone w 4 motory, z których dwa przeznaczone są dla wysokiego, a dwa dla niskiego napięcia. Przy pełnej prędkości pracują tylko motory wysokiego napięcia, przy połowicznej dołączone są kaskadowo motory niskiego napięcia. W ten sposób otrzymuje się 2 prędkości jezdne; prędkości przejściowe otrzymuje się przez włączanie oporów wodnych w obwody wirników.

Lokomotywy typu *T.430* z roku 1912 tychże kolei włoskich mają dwa motory, składające się jednak każdy właściwie z dwu motorów wysokiego i niskiego napięcia; dla pełnej prędkości pracują tylko połowy wysokiego napięcia, dla połowicznej obie w połączeniu kaskadowem.

Lokomotywy Westinghous typu *T. 550 E.*, których najwięcej mają koleje włoskie, mają dwa motory. Dla pełnej prędkości są zwoje stójników dla każdej fazy połączone w szereg, a stójniki obu motorów równoległe do sieci, oba zaś wirniki równoległe na opornik wodny; dla prędkości połowicznej są zwoje stójnika każdej fazy połączone równoległe, stójnik pierwszego motoru jest przyłączony do sieci, wirnik zaś jego zamknięty na stójnik drugiego motoru; wirnik tego ostatniego na opornik wodny.

Opornik wodny składa się z dwu komór: górnej, w której znajdują się elektrody i dolnej, napełnionej roztworem sody; do dolnej komory doprowadzone jest sprężone powietrze, które wypiera płyn do górnej i przez to zmniejsza stopniowo opór, który wreszcie zostaje przez specjalny pływak krótko zwarty. Oba zawory dla powietrza, wpływowy i upływowy poruszane są przez przekaźniki elektromagnetyczne, nastawiane ręczką regulatora. Przekaźniki są tak wyregulowane, że utrzymują samoczynnie stałą moc, niezależnie od napięcia na linii (przez wskazówkę watomierza).

Regulator ma dwie ręczki: większą, działającą na przekaźniki, a zatem opornik, i mniejszą z „O“ po środku i dwoma położeniami po obu stronach dla jazdy naprzód lub w tył z małą lub wielką prędkością

Lokomotywy Westinghous *T. 330* mają dwa motory tak uzwojone, że łącząc rozmaicie wolne końce uzwojeń statorów można otrzymać albo uzwojenie trójfazowe 8-biegunowe, albo dwufazowe 6-biegunowe. Wirniki mają z jednej strony 3 pierścienie ślizgowe dla uzwojenia trójfazowego, z drugiej 4 dla uzwojenia dwufazowego. Lokomotywa ma 4 prędkości odpowiadające następującym połączeniom:

1) Prędkość największa 100 km.g. Oba statory połączone dwufazowo, zwoje każdej fazy w szereg, wirniki zamknięte na opornik przez systemy 4-pierścieniowe; systemy 3-pierścieniowe krótko zwarte. Prąd z sieci przechodzi przez autotransformator Scotta, dający prąd dwufazowy.

2) Prędkość normalna 75 km.godz. Oba statory w połączeniu trójfazowym, 8-biegunowym bezpośrednio na sieć, zwoje każdej fazy w szereg, fazy w gwiazdę. Rotory na opornik przez 3 pierścienie, system 4 pierścieni zwarty na krótko.

3) Prędkość średnia 50 km.godz. Stator jednego motoru połączony dwufazowo i przyłączony przez autotransformator Scotta do sieci, rotor przez 4 pierścienie zamknięty na stator drugiego motoru, rotor tego motoru na opornik.

4) Prędkość najmniejsza 37,5 km.godz. Stator pierwszego motoru połączony trójfazowo i zasilany bezpośrednio z sieci, rotor zamknięty na stator drugiego motoru, rotor tego ostatniego na opornik.

Transformator Scotta wprowadza w urządzenie znaczną komplikację, a pozatem powoduje niekorzystne wahania prądu tak, że w praktyce unikają używania prędkości 1 i 3.

Lokomotywy Brown i Boveri *T. 331* połączenia kaskadowego nie mają; trzy różne prędkości 100,75 i 50 km.godz. otrzymuje się, łącząc motory 6-biegunowo, 8-biegunowo i 8-biegunowo statory w trójkąt, a oporniki w gwiazdę.

Poniważ, jak to już zaznaczyliśmy, prąd trójfazowy stosowany bywa dla trakcji tylko we Włoszech, przeto parę tych przykładów wystarczy dla dania ogólnego pojęcia o możliwych kombinacjach w układzie połączeń, szczegółowsze zaś opisywanie tych różnych możliwości byłoby zbyt długie.

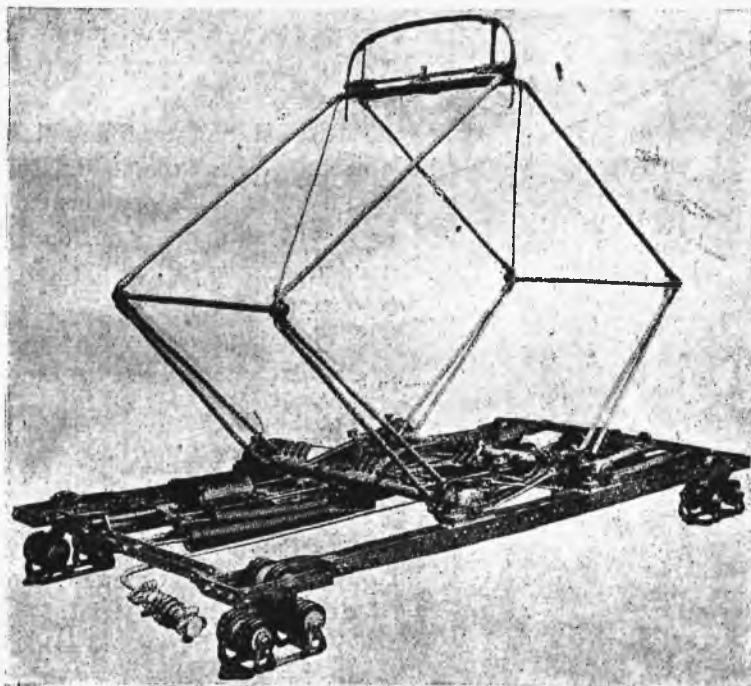
**9. Zbieracz prądu.** Dla przeprowadzenia prądu z sieci do lokomotyw zbieracze prądu kółkowe stosowane zupełnie nie bywają, gdyż kółko dla większych prędkości staje się już niezdatne. Przeważnie stosowany bywa ślizgacz umocowany jużto na drążku, jak kółko, jużto najczęściej na ramie nożycowej t. zw. pantografie. W Europie stosowane bywają prawie wyłącznie ślizgacze glinowe (glin z domieszką około 6% miedzi), w Ameryce natomiast przeważnie miedziane lub żelazne. W Europie liczą naogół, że ślizgacz może bez iskrzenia przepro-



wadzić 1 amp. na 1 mm. kwadr. przekroju drutu roboczego, w Ameryce dopuszczają znacznie większe obciążenia, do 2 i więcej amp. i to, zaznaczyć należy, bez najmniejszego iskrzenia. Dla większych natężeń prądu bywają czasami na jednej ramie osadzone dwa ślizgacze.

Ciśnienie ślizgacza na drut roboczy wynosi przy ślizgaczach glinowych 3 — 4 kg., w Ameryce zaś przy ślizgaczach miedzianych i żelaznych znacznie więcej, 7 — 10 kg.

Lokomotywy zaopatrzone bywają zwykle w dwa zbieracze prądu, przyczem często drugi służy li tylko jako rezerwowy.



Rys. 141.

Zbieracz prądu nożycowy typu Europejskiego widzimy na rys. 141-ym.

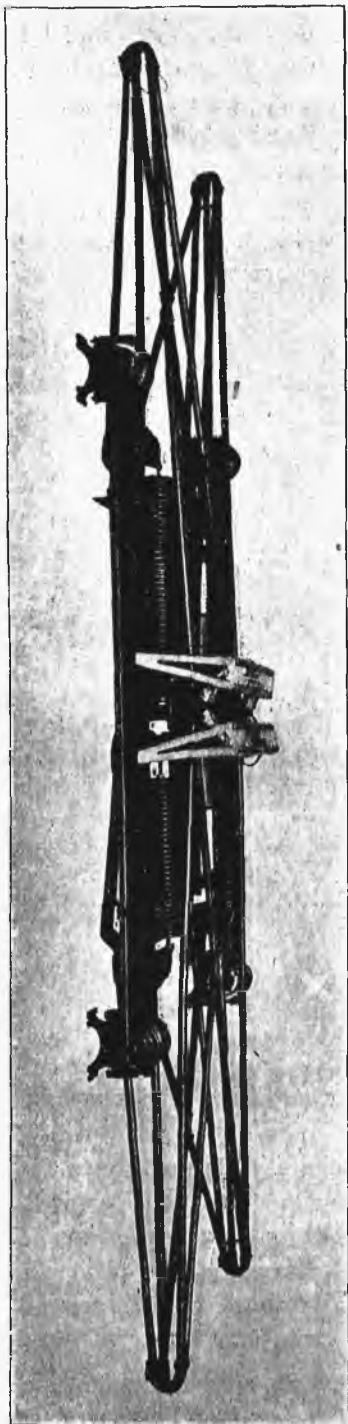
Cały zbieracz umocowany jest na żelaznej ramie, spoczywającej na porcelanowych podwójnych izolatorach dla wysokiego napięcia. Do ramy przymocowane są łożyska dwu osi, które są ze sobą łańcuchami tak połączone, że obracają się razem o ten sam kąt, ale w kierunkach przeciwnych. Na osiach tych osadzona jest rama z lekkich rur żelaznych, połączonych przegubowo tak, że rama cała może się składać lub wyprostowywać. Na ramie osadzony jest sprężynująco właściwy ślizgacz.

Jeżeli lokomotywa jest nieczynna, to cały przyrząd jest opuszczony w dół, a rury ramy leżą na sobie prawie poziomo. Do podniesienia przyrządu służą cylindry ze sprężonym powietrzem, naprężające wężykowate sprężyny. Sprężyny usiłują obrócić tarczę, która przez łańcuchy działa na osie i podnosi zbieracz do góry. Tarcze i sprężyny tak są obliczone i ukształtowane, że ciśnienie ślizgacza na drut jest we wszelkich położeniach możliwie jednakowe.

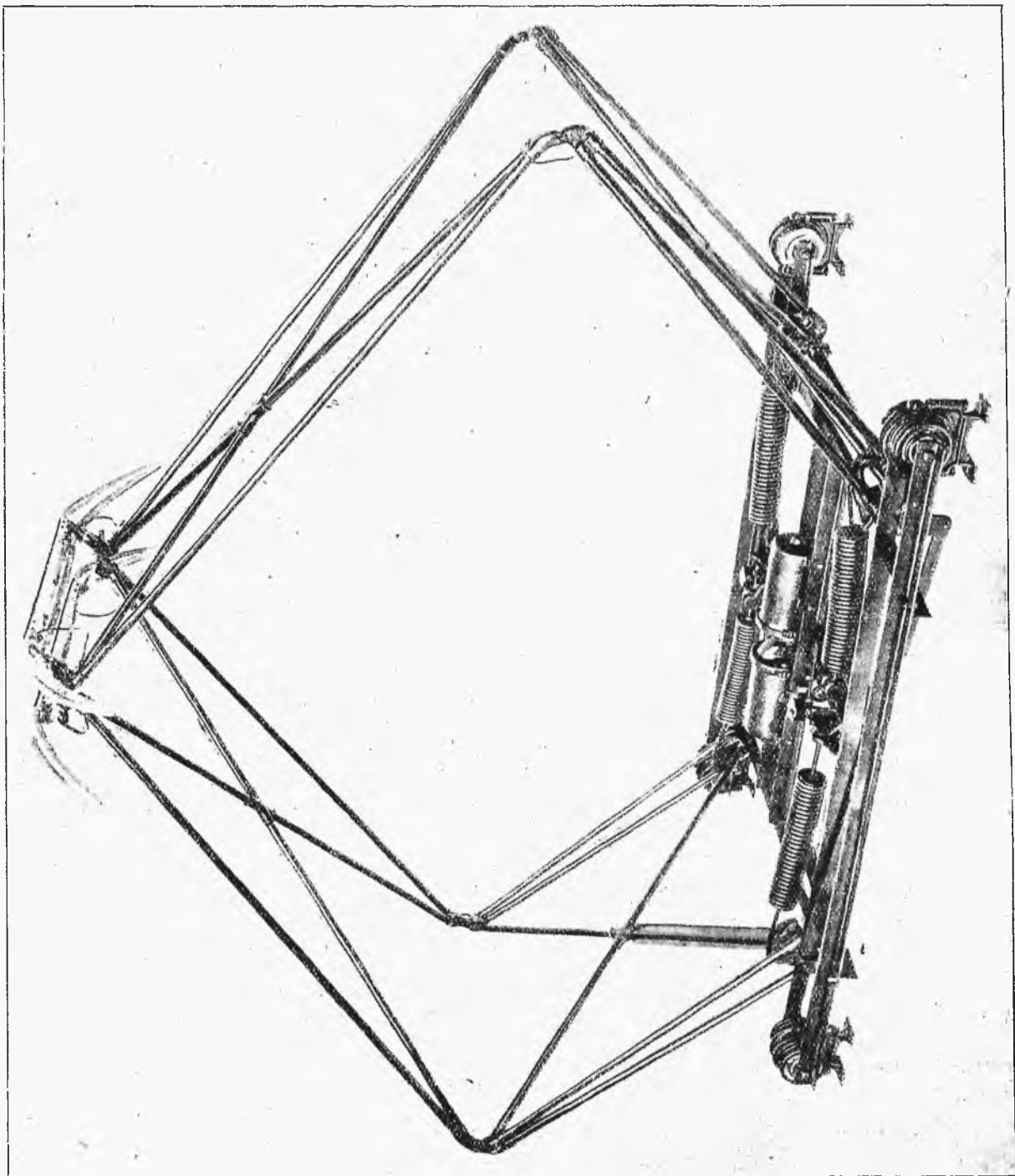
Aby siły potrzebne dla podniesienia zbieracza nie oddziaływały na izolatory, są cylindry przymocowane nie do dachu, ale do samej ramy i znajdują się skutkiem tego pod napięciem. Izolację stanowi kawałek rurki porcelanowej, włączony w rurę doprowadzającą powietrze do cylindrów. Przy nieruchomej lokomotywie stoi zbieracz zupełnie pionowo, przy ruchu zaś pochyla się nieco w tył.

Nadzwyczaj trwałym, praktycznym i dobrym okazał się zbieracz lokomotyw kolei Chicago Milwaukee and St. Paul, rys. 142-gi i 143-ci.

Widoczne na rysunkach sprężyny usiłują ściągnąć ślizgacz w dół i złożyć ramę w położenie rys. 143-ego. Cylindry ze sprężonym powietrzem podnoszą zbieracz do góry i przyciskają go do drutu z siłą około 10 kg. Zbieracz ma dwa ślizgacze, składające się z odpowiednio wygiętych i wyciętych płyt żelaznych, na których przymocowane są po 4 sztaby miedziane, stanowiące właściwą powierzchnię ślizgową. Sztaby zewnętrzne są dłuższe, wewnętrzne o połowę krótsze, przestrzeń między sztabami



Rys. 143.



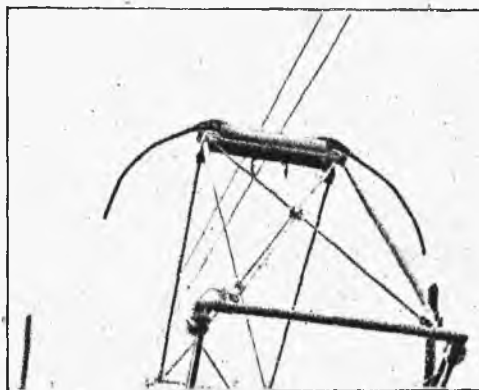
Rys. 142.

wypełnia się smarem. Całkowita długość płyty wynosi 1728 mm., długość części prostej i dłuższych sztang miedzianych 864 mm.

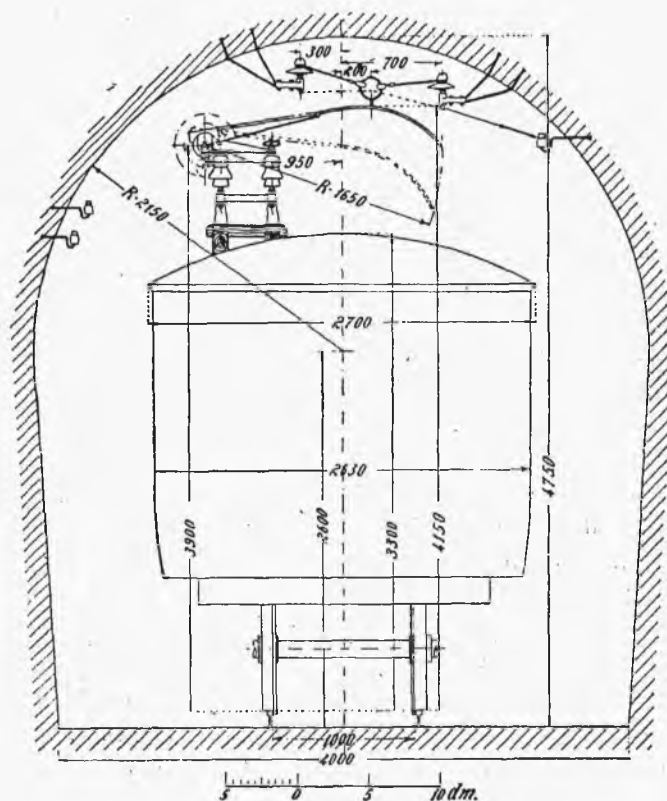
Taki zbieracz prądu przeprowadza bez najmniejszego iskrzenia przy dwu drutach roboczych o przekroju 120 mm<sup>2</sup>. każdy do 2000 amperów.

Zbieracz prądu lokomotyw kolei Butte Anaconda and Pacific, rys. 144-ty, ma zamiast ślizgacza stalowy wałek, osadzony w kulkowych łożyskach.

Zupełnie odmienną budowę ma zbieracz prądu systemu Oerlikon, rys. 145-ty.



Rys. 144.



Rys. 145.

Ślizgacz glinowy przymocowany jest do końca drążka, który może się obracać naokoło osi poziomej; sprężyny przyciskają ślizgacz do drutu; drut roboczy zawieszony jest nie nad środkiem toru, lecz z boku.

Dla podniesienia zbieracza prądu niezbędne jest, jak to widzieliśmy, sprężone powietrze; powietrze to spręża pompa napędzana przez elektromotor, który działać może dopiero wtedy, kiedy zbieracz prądu przylega do drutu roboczego. Zdarzyć się więc może, że po dłuższym postoju zabraknie powietrza w zbiorniku, a pompa elektryczna działać nie może. Dlatego zaopatruje się lokomotywy w małe pompki powietrzne ręczne, albo też dodatkowe lekkie, ręcznie podnoszone, zbieracze używane tylko po dłuższych postojach.

**10. Różne urządzenia, przybory miernicze.** Dla zabezpieczenia od wyładowań atmosferycznych zaopatruje się zawsze lokomotywy w odgromniki różkowe lub aluminiowe takie same, jak opisane przy tramwajach; odgromniki różkowe różnią się od tramwajowych tylko wielkością szczeliny między różkami i długością różków. Dla ograniczenia natężenia prądu zwarcia, jakie mogłoby powstać w ślad za wyładowaniem atmosferycznym, włącza się w przewód uziemiający sztuczny opór.

Od zbyt wysokiego wzrostu prądu chronią wyłączniki samoczynne, połączone z przekaźnikami. Przekaźniki zasilane są prądem o niskim napięciu, którego dostarcza oddzielny mały transformator, włączony w obwód główny. W razie zbyt wielkiego prądu, przekaźniki wzbudzają magnesy, umieszczone w wyłączniku wysokiego napięcia; magnesy te wyłączają wyłączniki i przerywają prąd. Zwykle zaopatruje się przekaźniki w hamulce, które działanie ich opóźniają tak, że wyłączenie następuje dopiero po upływie pewnego czasu.

Od wypadkowego zetknięcia się z częściami, znajdującymi się pod wysokim napięciem, chronią różne urządzenia, jak n. p.:

Wejście na dach lokomotywy przy podniesionym zbieraczu prądu może być w ten sposób uniemożliwione, że drabinka służąca do wejścia na dach jest pneumatycznie lub elektrycznie tak długo zaryglowana, aż zbieracz prądu nie zostanie opuszczony. Można dalej umocować drabinkę tak, że opuszczając ją otwiera się zawór, przez który uchodzi powietrze z cylindrów zbieracza prądu, skutkiem czego zbieracz opada na dół.

Przedział, w którym znajdują się przyrządy wysokiego napięcia, jest zamknięty, a zamek tak elektrycznie lub pneumatycznie związany ze zbieraczem prądu, że przedział można otworzyć i zamknąć tylko przy opuszczonym zbieraczu, a zbieracz podnieść tylko po zamknięciu przedziału.

Dla zapobieżenia niebezpieczeństwu, jakie mogłoby powstać w razie uszkodzenia izolacji między uzwojeniem pierwotnym i wtórnym

(uzwojenie wtórne stałoby wtedy pod wysokim napięciem) uziemia się zawsze jednostronnie to uzwojenie; w razie więc uszkodzenia izolacji powstaje krótkie zwarcie i wyłącznik samoczynny przerywa prąd.

Główny wyłącznik wysokiego napięcia nie wyłącza się ręcznie, ale przez przekaźnik o niskim napięciu.

Przy nagłym wyłączeniu wielkich transformatorów powstają czasami fale prądu, które dodając się do normalnego prądu, mogą wywołać wyłączenie głównego wyłącznika. Zapobiega się temu przez zastosowanie wyłączników stopniowych, rys. 146-ty.

Łącznik „a” włącza w położeniu „b” dodatkowy opór „r”, który tłumia mogące powstać fale; w położeniu „c” opór jest wyłączony, przejście z „b” do „c” odbywa się bez przerywania prądu.

Fałszywym połączeniom i wywołanym przez nie krótkim zwarciom zapobiega połączenie pomiędzy sobą wyłączników elektromagnetycznych, które pozwala włączać je tylko w należyty porządku. Tak n. p. przełączniki kierunku jazdy można przestawić tylko wtedy, kiedy regulator jest nastawiony na „0”, t. j. kiedy prąd w motorach jest przerywany.

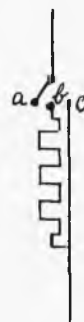
Korba regulatora bywa często tak urządzona, że w razie wypuszczenia jej z ręki przerywa się prąd sterujący i wyłącza wszystkie wyłączniki elektromagnetyczne.

Panewki łożysk motorów i wałów ślepych zaopatruje się niekiedy w korki z łatwo topliwego metalu; korki te zatykają przewód powietrzny prowadzący do gwizdka alarmowego. W razie zagrzania się panewek, korki topią się i gwizdek alarmuje.

Przy prądzie stałym niezbędna jest na każdej lokomotywie mała przetwornica, dostarczająca prąd o niskim napięciu dla obwodu regulującego, różnych przekaźników, oświetlenia i event. ogrzewania. Oprócz przetwornicy ustawia się zwykle odpowiednią baterję akumulatorów. Przy prądzie zmiennym można niskie napięcie otrzymywać wprost z odpowiedniego odgałęzienia transformatora głównego, niemniej i tu stosuje się nieraz do regulowania prąd stały jako dogodniejszy; w tych wypadkach staje się oczywiście przetwornica również niezbędna.

Dalej znajdują się na lokomotywie pompy dla sprężania powietrza, wentylatory dla chłodzenia motorów głównych i cały szereg mniejszych wentylatorów, wszystko naturalnie z napędem przez oddzielne elektromotorki. Potrzebne dla tych motorków wyłączniki, bezpieczniki, przyrządy miernicze i t. p. zebrane bywają na odpowiednich tablicach rozdzielczych.

Lokomotywy bywają zawsze zaopatrywane w cały szereg przyrządów mierniczych i kontrolujących, jako to: ampero- i volto-mierze dla wysokiego i niskiego napięcia, mierniki kilowatów, miernik prędkości i t. p.



Rys. 146.

**11. Ogrzewanie i oświetlenie pociągów.** Przy trakcji elektrycznej nie przedstawia oświetlenie pociągów żadnej trudności; jeżeli wagony mają już urządzenie dla elektrycznego oświetlenia, to można je zasilać prądem bezpośrednio z głównego transformatora. Oświetlenie takie nie jest jednak dobre, a to z powodu znacznych wahań napięcia oraz małej częstotliwości prądu. Lepiej więc jest zasilać oświetlenie z małej baterji akumulatorów, ustawionej na lokomotywie i ładowanej przez odpowiednią przetwornicę. Jeżeli wagony mają oświetlenie gazowe, to można je zachować.

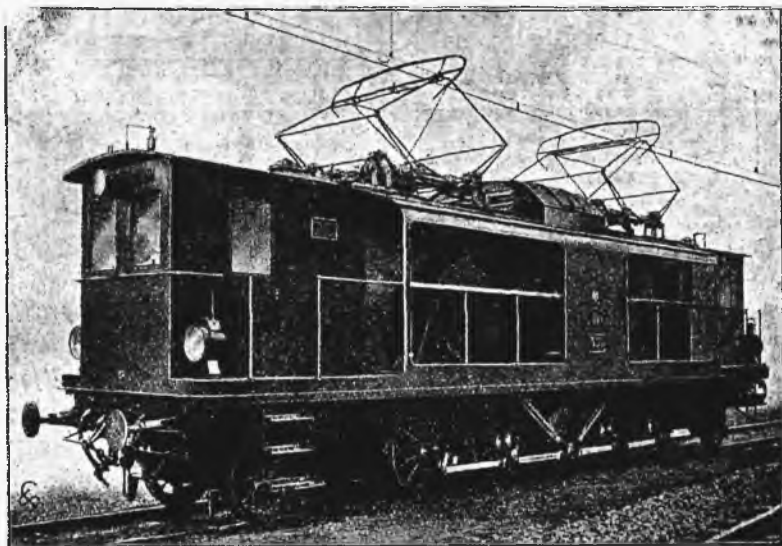
Trudniejsze jest ogrzewanie. Ponieważ wagony muszą zwykle chodzić również na liniach z trakcją parową, przeto należy koniecznie zatrzymać ogrzewanie parowe. Wymaga to jednak albo doczepiania oddzielnego wagonu z kotłem, albo też ustawienia kotła ogrzewalnego na lokomotywie. Kocioł taki na lokomotywie można ogrzewać węglem, paliwem płynnym, lub wreszcie elektrycznie. W nowszych lokomotywach stosowane bywa ogrzewanie elektryczne, aczkolwiek prawdopodobnie nieco droższe, ale zato znacznie prostsze. Na oświetlenie i ogrzewanie razem liczyć można, w zależności od miejscowych warunków, 4—6% energii zużywanej przez pociąg. Na wielkość transformatorów nie wpływa elektryczne ogrzewanie prawie wcale, gdyż w zimie, kiedy ogrzewanie działa, transformatory ochładzają się znacznie lepiej, mogą więc znosić większe obciążenie.

**12. Wewnętrzne urządzenie lokomotywy.** Przy rozmieszczaniu poszczególnych maszyn i urządzeń w lokomotywie należy zwracać baczną uwagę na odpowiednie rozmieszczenie ciężarów, co jest ważne dla spokojnego biegu lokomotywy, dalej zaś na dostępność wszystkich części. Oprócz pomieszczeń dla maszynisty na obu końcach lokomotywy, należy pozostawić wolne przejście z końca w koniec po obu stronach lokomotywy. Tak główny transformator, jak wszystkie przyrządy i przewody wysokiego napięcia muszą być zamknięte w oddzielnym przedziale.

Wobec natężenia prądów wtórnych, które dochodzą nieraz do paru tysięcy amperów, muszą być wtórne przewody bardzo grube. Ważne więc jest, aby motory, względnie oporniki motorów, leżały możliwie blisko transformatorów, wyłączniki zaś elektromagnetyczne i kontaktory możliwie blisko motorów, transformatorów i oporników. Rozmieszczenie takie oszczędza dużo miedzi.

Rzeczą pierwszorzędnej wagi jest dobre urządzenie ochładzania, a zatem skuteczna wentylacja. Im skuteczniejsze jest ochładzanie, tem większą moc mogą oddawać transformatory i motory, należy więc zwracać jaknajbardziej uwagę na racjonalne urządzenie wentylacji.

Przez przedział dla wysokiego napięcia musi stale przechodzić silny prąd powietrza od dołu do góry tak, aby świeże, chłodne powietrze, wpływało u dołu, a ogrzane uchodziło u góry. Dla wytworzenia takiego prądu można stosować specjalny wentylator, albo też zastąpić wentylator otworami w podłodze przedziału; otwory te zamykane są klapami, które otwierają się w kierunku jazdy; ogrzane powietrze uchodzi przez rury przeprowadzone przez dach lokomotywy; otwory tych rur skierowane są ku tyłowi. Takie naturalne chłodzenie bez pomocy wentylatora nie jest jednak zawsze dość pewne; może się n. p. zdarzyć, że



Rys. 147.

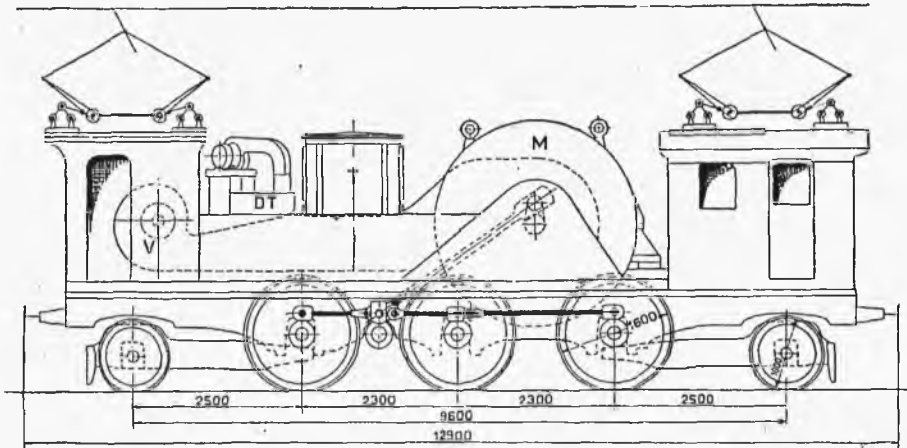
działa ono zbyt słabo, kiedy przy małej prędkości transformatory są właśnie najbardziej obciążone.

Jeżeli nawet motory wentylują się same, to jednak należy koniecznie odprowadzić nazewnątrz uchodzące z nich ogrzane powietrze; dobra wentylacja jest więc i tu niezbędna. W tym celu wbudowuje się czasami motory w rodzaj komina, który powoduje silny przepływ powietrza.

Świeże powietrze należy brać możliwie wysoko nad torami, aby uniknąć porywanie pyłu; niezależnie jednak od tego bywa często konieczne urządzenie specjalnego filtra dla wchodzącego powietrza.

Przy zastosowaniu motorów opancerzonych, czyli hermetycznie zamkniętych, można stosować budowę lokomotywy pół-otwartą, jak na rys. 147-ym, lub otwartą jak na rys. 148-ym, co ułatwia znacznie chłodzenie.





Rys. 148.

### 13. Porównanie lokomotywy elektrycznej z parową.

a) *Siła pociągowa.* Doświadczenia i liczne próby dowiodły, że lokomotywa elektryczna o jednakowej wadze przyczepności z parową może wywierać znacznie, bo o około 25%, większą siłę pociągową, przy jednakowym stanie szyn, a zatem jednakowym współczynniku przyczepności.

Takie próby wykonano n. p. na stacji Murnau kolei elektrycznej Murnau-Oberammergau.

Lokomotywa parowa o wadze 26 ton bez osi potocznych, a zatem o wadze przyczepności również 26 ton, ruszała bez ślizgania kół z pociągiem o wadze 202,3 tonny; przy zwiększeniu wagi do 221 ton, ślizgały się koła nawet przy ostrożnem ruszaniu. Lokomotywa elektryczna o wadze 20 ton ruszała bez ślizgania kół z pociągiem o wadze 202,3 tonny, a koła zaczęły się ślizgać dopiero przy zwiększeniu wagi do 261,5 ton.

Wynika z tego, że koła zaczęłyby się ślizgać przy pociągu o wadze 221 ton, gdyby lokomotywa ważyła:

$$20 \frac{221,0}{261,5} = 17 \text{ ton.}$$

W danym więc wypadku lokomotywa parowa musiała być  $\frac{26}{17} = 1,53$  razy cięższa od elektrycznej.

Próby, wykonane przez Dyрекcję kolejową Halle, wykazały, że na linii Dessau-Bitterfelde elektryczne lokomotywy mają siłę pociągową o 25% większą jak parowe.

Większa ta siła pociągowa lokomotyw elektrycznych da się wytłómaczyć w sposób następujący:

Siła pociągowa lokomotywy parowej nie jest stała, lecz zależna od każdorazowego położenia tłka. Oznaczywszy przez  $\lambda$  stosunek skoku tłka do podwójnej długości drąga tłokowego, można wyrazić stosunek średniej siły pociągowej do siły maksymalnej przez równanie:

$$\frac{F_m}{F} = 1,11 + 0,78 \cdot \lambda.$$

Wartość  $\lambda$  wynosi zwykle dla lokomotyw 1/5,5 — 1/9, przeciętnie więc będzie:

$$\frac{F_m}{F} = 1,11 + 0,78 \cdot \frac{1}{7} = 1,21.$$

Jeśliby więc obliczyć średnią siłę pociagową tak, że  $F$  byłoby równe  $W' \cdot a$  ( $W'$  — obciążenie osi pędnych,  $a$  — współczynnik oporu ślizgania się kół na szynach) to nadmiar siły  $F_m - F$  powodowałby chwilowe ślizganie się kół. Chcąc uniknąć tego ślizgania nie możemy wyzyskać w pełni siły pociągowej, lecz musimy zawsze uczynić:

$$a \cdot W' \geq F_m = F \cdot 1,21$$

$$F = \frac{a \cdot W'}{1,21} = a \cdot (0,83 \cdot W')$$

czyli, że możemy wyzyskać tylko około 0,83 wagi przyczepności.

Moment obrotowy motoru kolektorowego prądu zmiennego nie jest również, jak to już widzieliśmy, stały, lecz podlega chwilowym wahanom.

Moment obrotowy zależny jest od strumienia magnetycznego  $\Phi_y$ , prądu w tworniku  $i_2$  oraz  $\cos \varphi$ , kąta przesunięcia faz pomiędzy  $i_2$  a  $\Phi_y$ ; kąt ten bywa zwykle mały, można więc nie uwzględniając  $\cos \varphi$  napisać:

$$M t = C \cdot \Phi_y \cdot i_2 \cdot \sin \omega \cdot t$$

$$\text{dla } \omega \cdot t = 90^\circ \text{ staje się } \bar{M} t = C \cdot \Phi_y \cdot i_2$$

$$M t = \bar{M} \cdot \sin^2 \omega \cdot t = \frac{\bar{M}}{2} \left[ 1 - \cos (2 \omega \cdot t) \right]$$

$$M t = \frac{\bar{M}}{2} - \frac{\bar{M}}{2} \cos (2 \omega \cdot t).$$

Równanie to pokazuje, że zmienny moment obrotowy  $M t$  można zamienić momentem stałym  $\frac{\bar{M}}{2}$ , na który nakłada się zmienny moment obrotu również  $\frac{\bar{M}}{2}$ , pulsujący z podwójną ilością zmian. Maksymalna wartość momentu obrotowego jest dwa razy większa od średniej.

Jeżeli motor wytworzy taką siłę pociągową  $F$  na obwodzie kół pędnych, że:

$$F = W' \cdot a$$

to wartość  $F$  osiągnie w przeciągu sekundy  $2 \cdot f$  ( $f$ —ilość okresów na sek.) wielkość  $2 \cdot F$ . Zbytek ten siły pociągowej spowoduje również ślizganie się kół tak, że ruch koła składać się będzie z regularnie po sobie następujących okresów toczenia się i ślizgania się. Ponieważ jednak koło przy ślizganiu się ma szybkość kątową większą od szybkości kątowej jaką by miało przy toczeniu się, przeto masy kół i motorów muszą być odpowiednio przyspieszone. Momenty bezwładności kół i motorów są zawsze znaczne, zmiany zaś musiałyby np. przy  $16\frac{2}{3}$  okresach, następować po sobie co  $\frac{1}{2 \cdot 16\frac{2}{3}}$  sekundy tak, że ślizganie się staje się zupełnie nieznaczne i prawie niedostrzegalne. Tak np. obliczył prof. Ossanna, że spowodowane takim ślizganiem się straty nie przewyższają  $1\frac{0}{100}$  dla 36-tonnowej lokomotywy, samo zaś ślizganie się stanowi ledwo parę milimetrów na sekundę.

W praktyce przeto można zupełnie nie uwzględniać tych minimalnych strat i robić zawsze:

$$F = W' \cdot a$$

*b) Moc lokomotywy.* Moc lokomotywy parowej ograniczona jest ilością pary, jaką może wytworzyć kocioł, ta zaś ostatnia zależy tak od powierzchni ogrzewalnej, jak i od powierzchni rusztów, względnie paleniska. Ilość pary wytworzonej na metr kwadratowy powierzchni paleniska wynosi przy najnowszych lokomotywach 3500—3600 kg., a na metr kwadr. powierzchni ogrzewalnej (bez przegrzewacza) 58—62 kg. Najlepsze lokomotywy z przegrzaną parą zużywają 6—6,4 kg. pary na ind. konio-godzinę, największa więc moc parowej lokomotywy może wynosić 9,1—10,4 koni ind. na metr kwadr. powierzchni ogrzewalnej lub 550—600 koni ind. na metr kwadr. rusztu.

Ponieważ obciążenie osi nie może przekraczać pewnych norm, przeto ze zwiększeniem kotła musi się zwiększać ilość osi, co niekorzystnie wpływa na bieg lokomotywy, zwłaszcza na łukach. Równocześnie zwiększa się znacznie i wagę służbową lokomotywy, a to wobec potrzebnych ogromnych ilości wody i węgla.

Przepisy kolejowe niemieckie ograniczają obciążenie osi do 16 ton, francuskie do 18 ton; w Ameryce dochodzą obciążenia do 30 ton. Siła pociągowa, jaką może wywierać oś ograniczona jest jej obciążeniem i wynosi:

$$F = a \cdot W'$$

Przy prędkości  $v$  kilometrów na godzinę odpowiada to mocy w koniach:

$$A = \frac{a \cdot W' \cdot v}{3,6 \cdot 75}$$

Dla prędkości n. p. 100 km. g. odpowiada to dla stosunków europejskich ( $W' = 16-18$  ton):

$$A = a \cdot \frac{18000 \cdot 100}{3,6 \cdot 75} = a \cdot 6666 \text{ koni.}$$

Dla prędkości 100 km. g. wynosi współczynnik  $a$  około 0,1, wobec czego może osięć mieć moc maksymalnie około 670 koni. Dla stosunków amerykańskich otrzymamy w ten sam sposób około 1000 koni.

Wszystko to dowodzi, że moc lokomotywy parowej jest praktycznie ograniczoną i nie może przekraczać pewnej miary. Najnowsze lokomotywy niemieckie nie przekraczają mocy 1700 koni, francuskie 1800 koni, a amerykańskie 2700—3300 koni.

Moc elektrycznych lokomotyw jest prawie że nieograniczona, tembardziej, że łatwo można składać maszynę z dwu ze sobą krótko sprzężonych lokomotyw, z których każda może mieć moc 2000—3000 lub nawet więcej koni. Poza tem w każdym pociągu może być kilka lokomotyw, kierowanych wszystkie z lokomotywy czołowej; tak n. p. na włoskiej kolei Giovi chodzą pociągi z 3 lokomotywami o mocy 2000 koni każda.

Lokomotywy elektryczne są od parowych znacznie lżejsze. Moc, wagę i moc na tonnę wagi najnowszych lokomotyw parowych uwiadcznia tablica, str. 140-ta:

Z tablicy tej widzimy, że moc lokomotywy parowej na tonnę wagi nie przekracza 13,7 [koni ind. Dokładnych danych co do stosunku mocy indykowanej do rzeczywistej na lokomotywach niema, można jednak przyjąć, że nie będzie on większy, jak 0,9, tak, że moc rzeczywista lokomotywy parowej na tonnę wynosi około 11,7—12,3 koni\*).

\*) Lokomotywa typu „Pacific“ francuska, rozwijająca 1800 koni ind. przy prędkości 100 km. g. oddaje u haka pociągowego tylko 1200 koni rzecz. Opór trakcji tej lokomotywy wynosi podług Franka, przyjmując, że przekrój poprzeczny  $= 10 \text{ m}^2$ :

$$F = 137 \left[ 2,5 + 0,0142 \left( \frac{100}{10} \right)^2 \right] + 0,54 \cdot 1,1 \cdot 10 \left( \frac{100}{10} \right)^2 = 1131 \text{ kg.}$$

Przy prędkości 100 km. g.  $= 27 \cdot 8 \text{ m. s.}$  odpowiada to mocy:

$$\frac{1131 \cdot 27 \cdot 8}{75} = 420 \text{ koni.}$$

W mechanizmie więc maszyny traci się  $1800 - (1200 + 420) = 180 \text{ koni} = 10\%$ .

**Lokomotywy parowe.**

	Pacific Amerykań- skie	Pacific Francuskie	Santa-Fe	Mallet	Decapod	Pospieszne		Towarowe
						1-B-1	Niemieckie	
Powierzchnia ruszku m <sup>2</sup> . . . . .	8,80	4,27	8,17	9,28	3,80	2,95		2,30
„ paleniska m <sup>2</sup> . . . . .	22,20	15,37	29,80	32,80	15,10			
„ ogrzewalna m <sup>2</sup> . . . . .	334	195	480	487	186	165,4		136,9
„ przegrzewacza m <sup>2</sup> . . . . .	76	62,60	90	105	52,10	52,10		40,40
Moc koni ind. . . . .	2700	1800	3000	3300	1600	1652		1185
Waga przyczepności tonny. . . . .	81	54	137	206	77,7	51		49
Waga lokomotywy tonny . . . . .	128	92	172	206	85			
„ tendra „ . . . . .	75	45	83	77	31			
Waga całkowita tonny . . . . .	203	137	255	283	116	143		121
Moc na tonnę wagi, koni . . . . .	13,30	13,10	11,80	11,60	13,70	11,55		11,07
Moc na oś pędną, koni . . . . .	900	600	600	412	320	826		296

Moc i waga lokomotyw elektrycznych podana jest na tablicy str. 142-ga:

Jak widzimy z tablicy, moc lokomotyw elektrycznych na tonnę wagi waha się w dość szerokich granicach w zależności od rodzaju prądu i przeznaczenia lokomotywy i wynosi od 13,7 do 33,3 koni rzeczywistych.

Opór trakcji tak, jak go rozumiemy, będzie oczywiście jednakowy dla obu rodzajów lokomotyw, gdyż opór ten składa się tylko z oporu tarcia kół po szynach i oporu tarcia osi w panewkach, podczas kiedy straty w motorach, względnie w cylindrach, oraz w mechanizmie napędowym w opór ten nie wchodzi. Również i opór powietrza będzie przy jednakowych prędkościach mniej więcej jednakowy.

Dla porównania ze sobą lokomotyw wygodnie jest posługiwać się t. zw. współczynnikiem sprawności lokomotywy, t. j. stosunkiem mocy ind. względnie rzeczywistej, do mocy, jaką lokomotywa może oddać u haka pociągowego.

Lokomotywa parowa typu „Pacific” francuska n. p. ma moc 1800 koni, może jednak oddać u haka tylko 1200 koni przy prędkości 100 km.g. Współczynnik więc sprawności wynosi tu:

$$\frac{1200}{1800} = 67\%$$

Lokomotywa elektryczna Chemin de fer du Midi typu 1-C-1 ma moc 1600 koni. Maszyna ta waży 85,5 tonny. Przy prędkości 100 km.g. jej opór trakcji wyniesie podług wzoru Franka (przekrój = 10 m<sup>2</sup>):

$$85,5 \left[ 2,5 + 0,0142 \left( \frac{100}{10} \right)^2 \right] + 0,54 \cdot 1,1 \cdot 10 \left( \frac{100}{10} \right)^2 = 930 \text{ kg.}$$

czyli przy 100 km.g. = 345 koni. Lokomotywa ta więc może oddać u haka 1600 — 345 = 1255 HP.

Straty w motorach i transformatorach wynoszą około 12%, współczynnik więc sprawności tej maszyny jest:

$$\frac{1255}{1600 \cdot 1,12} = 70,5$$

Największą swą moc może parowóz rozwijać tylko przy pewnej określonej prędkości, gdyż wtedy jest napełnienie cylindrów najkorzystniejsze, a rozchód pary najmniejszy; przy większej prędkości zwiększają się straty dławienia pary, dopływającej z większą szybkością do cylindrów, przy mniejszej prędkości napełnienie staje się większe. Dla rozwinięcia większej siły pociągowej, n. p. przy jeździe pod górę, trzeba również zwiększyć napełnienie, skutkiem czego zwiększa się zużycie

L o k o m o t y w y e l e k t r y c z n e .

Rodzaj prądu	Parыз — Orleans	Giovi	Mediolan — Varese	Lötschberg	Pensylvania	West Central	Wiesenthal
	B-B stały	E 3 fazowy	1-C-1 3 fazowy	1-E-1 1 fazowy	1-B-B-1 stały	2-B-B-2 stały	1-C-1 1 fazowy
Waga przyczepności w tonnach Waga całkowita . . . . . Moc koni rzeczywistych . . . . . Moc na tonnę wagi, koni . . . . . Moc na os pędną, koni . . . . .	50	60	50	77	100	149	69
	50	60	75	107	150	4000	1300
	1000	2000	1800	2500	2500	26,8	18,8
	20	33,3	24	23,4	16,7	1000	483
	240	400	600	500	620		
Waga przyczepności w tonnach Waga całkowita . . . . . Moc koni rzeczywistych . . . . . Moc na tonnę wagi, koni . . . . . Moc na os pędną, koni . . . . .	Chem'in de fer du Midi 1-C-1	Pruskie państwowe 1-D-1   2-B-1	New York Central B+B+B+B stały	New York New- Haven and Harderd *) 1-C-1+ +1-C-1 1 fazowy	Chicago, Mil- waukee and St. Paul *) 2-B-B+ +B-B-2 stały	Gothard 1-C+C-1 1 fazowy	
	54	64	32,8	112	204	105,8	
	85,5	92	71	180	262	129	
	1600	1700	1500	2320	2559	3600	2500
18,6	18,5	21	22,9	14,2	13,7	19,35	
520	425	750	290	425	450	415	

\*) UWAGA: Lokomotywy amerykańskie New York New-Haven and Harderd i Chicago Milwaukee and St. Paul są bardzo ciężkie i mają względnie małą moc na tonnę, gdyż wobec wielkiej wagi pociągów (do 4500 tonn) konieczną jest wielka waga przyczepności.

pary, a że moc parowozu ograniczona jest ilością pary, jaką może wytworzyć kocioł, przeto zmniejsza się znacznie moc parowozu.

Podług wyliczeń Strahl'a (Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure 1913) jest stosunek największej mocy parowozu  $A_i$ , jaką on rozwija przy najkorzystniejszej prędkości  $v$ , do mocy  $A'_i$  przy prędkości  $v'$ :

$$\frac{A_i}{A'_i} = 0,6 \left( 2 - \frac{v}{v'} \right) \frac{v}{v'} + 0,4$$

Tak n. p. lokomotywa pośpieszna kolei państwowych pruskich, typu 2-C. H. S. L. S<sub>10</sub>, ważąca 143 tonny, może rozwinąć przy prędkości 104 km.g. moc 1650 koni. Na pochyłości 10‰ rozwija ten parowóz już tylko 1230 koni przy prędkości 39 km.g. i oddaje u haka pociągowego 935 koni<sub>eff</sub>, może zatem ciągnąć pociąg o wadze 492 ton. (Dla uwzględnienia działania wiatru przy obliczeniu zwiększono prędkość o 12 km.g.) Spółczynnik sprawności wynosi wtedy:

$$\frac{935}{1230} = 76\%$$

Moc lokomotywy elektrycznej jest tylko o tyle zależna od prędkości, o ile może się przy zmianie prędkości zmienić współczynnik sprawności motorów; zmiana ta nie przekracza jednak 1–2‰, tak, że praktycznie można maksymalną moc osiągnąć przy każdej prędkości, a zatem i na każdej pochyłości.

Lokomotywa elektryczna Chemin de fer du Midi typu 1—C—1, ważąca 85 ton, mogłaby więc na pochyłości 10‰ rozwinąć również 1600 koni<sub>eff</sub>. Prędkość, jaką nadałaby ona pociągowi o wadze 492 ton możemy wyliczyć z równania:

$$1600 \cdot \frac{3,6 \cdot 75}{S} = 492 \left[ 2,5 + 10 + \frac{1}{40} \left( \frac{v + 12}{10} \right)^2 \right] + 85 \left[ 2,5 + 10 + \right. \\ \left. + 0,0142 \left( \frac{v + 12}{10} \right)^2 \right] + 0,54 \cdot 1,1 \cdot 10 \left( \frac{v + 12}{10} \right)^2$$

$$v = 53 \text{ km.g.}$$

Na siebie samą zużywa przytem lokomotywa 270 koni, współczynnik więc sprawności wynosi:

$$\frac{1600 - 270}{1600 \cdot 1,12} = 75\%$$

Widzimy tu dalszą znaczną przewagę lokomotywy elektrycznej nad parową, a mianowicie, iż może rozwijać znacznie większe prędkości na pochyłościach, co jest bardzo ważne dla kolei górskich lub wogóle o znacznych spadkach.



Ciekawe jest porównanie lokomotywy elektrycznej z parowozem dla bardzo wielkich prędkości. Załóżmy n. p. że pociąg złożony z 5 wagonów po 44 tonny wagi, a zatem o ogólnej wadze 220 ton, ma jechać z prędkością 200 km.g. Siła pociągowa potrzebna dla utrzymania w ruchu wagonów przy takiej prędkości będzie:

$$220 \left[ 2,5 + \frac{1}{40} \left( \frac{200}{10} \right)^2 \right] = 2750 \text{ kg.}, \text{ a moc } (200 \text{ km.g.} = 55,55 \text{ m.s.})$$

$$\frac{2750 \cdot 55,55}{75} = 2040 \text{ K.M.}$$

Siła pociągowa, potrzebna dla poruszania samej lokomotywy, której przekrój wynosi około 10 m<sup>2</sup> jest:

$$F = W_l \left[ 2,5 + 0,0142 \left( \frac{200}{10} \right)^2 \right] + 0,54 \cdot 1,1 \cdot 10 \left( \frac{200}{10} \right)^2 = 8,18 W_l + 2376$$

Licząc dla lokomotywy parowej 11 K. M. effect. na tonnę wagi, będzie taka lokomotywa ważyła:

$$W_l \cdot 11 = 2040 + \frac{(8,18 \cdot W + 2376) \cdot 55,55}{75}$$

$W_l = 770 \text{ ton}$  i będzie miała moc:

$$770 \cdot 11 = 8470 \text{ K.M.}_{eff.} = 9400 \text{ K.M.}_{ind.}$$

Lokomotywa elektryczna o tak wielkiej mocy nie będzie cięższa jak 30 K.M.<sub>eff.</sub> na tonnę, waga więc tej lokomotywy wynosiłaby:

$$W_l \cdot 30 = 2040 + \frac{(8,18 \cdot W + 2376) \cdot 55,55}{75}$$

$$W_l = 159 \text{ ton}, \quad \text{a moc} = 4770 \text{ K M.}_{eff.}$$

Spółczynnik sprawności wynosiłby dla lokomotywy parowej:

$$\frac{2040}{9400} = 21,8\%, \text{ a dla lokomotywy elektrycznej } \frac{2040}{4770} = 43\%$$

Oczywiste jest, że lokomotywa parowa o takiej mocy nie dałaby się wogóle zbudować, że więc osiągnięcie tak wielkich prędkości możliwe jest tylko przy zastosowaniu trakcji elektrycznej.

c) *Zużycie paliwa.* Niezależnie od możliwości zużytkowania przy trakcji elektrycznej sił wodnych oraz małowartościowych opałów, jako to miału węglowego, węgla brunatnego, torfu i t. p., gazów ziemnych i t. d., budując elektrownie w odpowiednich miejscach i przesyłając energię elektryczną pod napięciem 80—150000 voltów na odległość 250-

300 i więcej kilometrów, daje trakcja elektryczna znaczne oszczędności paliwa nawet opalając elektrownie wysokowartościowym węglem, jaki jedynie może być stosowany na parowozach.

Najlepsze parowozy pracując w najdogodniejszych warunkach zużywają nie mniej jak 1,08 kg. węgla na konio-godzinę = 1,47 kg. na kilowatt-godzinę mierzoną na obwodzie kół pędnych. Nowoczesne parowe maszyny i turbogeneratory zużywają około 0,8 kg. węgla na kilowatt-godzinę; doliczając do tego 40% na straty w transformatorach, sieci, przetwornicach, sieci roboczej i motorach otrzymamy około 1,12 kg. węgla na kw.g., mierzoną na obwodzie kół pędnych, czyli o około 24% mniej. W rzeczywistości jest jednak ta oszczędność znacznie większa, gdyż rzeczywiste zużycie węgla jest na parowozach o wiele większe. Parowozy nie zawsze przecie pracują w najdogodniejszych warunkach; straty powstające na postojach, przy rozgrzewaniu kotła, przy manewrowaniu i t. d. są bardzo znaczne. Tak n. p. rzeczywiste zużycie węgla na 100 tonno-kilometrów ciągnionych brutto (t. j. na 100 ton wagi pociągu bez lokomotywy, przewiezionych na 1 km., przyczem kilometry, zrobione przy manewrowaniu nie są brane w rachubę, a zatem zwiększają rozchód) wynosi średnio na kolejach francuskich i niemieckich 7 kg., na amerykańskich 9 kg., włoskich około 6,6 kg., nadwiślańskiej i warszawsko-wiedeńskiej 12,8 kg.

Względnie mała liczba kolei elektrycznych, które przytem pracują w najróżnorodniejszych warunkach, nie pozwala na zestawienie tak dokładnych średnich, jak dla kolei parowych. Wprawdzie Dyrekcja kolei państwowych włoskich wprowadziła pojęcie tonno-kilometra gospodarczego, które eliminuje w znacznym stopniu wpływ profilu podłużnego i innych warunków miejscowych na zużycie siły i pozwala na bezpośrednie porównanie ze sobą wyników otrzymanych na kolejach pracujących w różnych warunkach, uczyniły to jednak tylko koleje włoskie, podczas kiedy wszędzie indziej mamy do czynienia z zużyciem na tonno-kilometr rzeczywisty tak, że poszczególne wyniki nie dają się ze sobą bezpośrednio porównać.

W każdym razie pokazują wyliczenia, że zużycie energii na 100 tonno-kilometrów ciągnionych nie może w normalnych warunkach przewyższać jakich 3 kwg. mierzonych na elektrowni, co licząc nawet 1 kg. węgla na kwg. odpowiadałoby 3 kg. węgla, czyli oszczędności w porównaniu z trakcją parową 60—70%. Stwierdzają to w zupełności praktyczne wyniki różnych kolei. Tak n. p. wynosi zużycie:

Na około 459 km. kolei państwowych włoskich na 100 tn.km. ciągnionych gospodarczych 3,42 kwg.

Na kolei Lötschberg około 3,8 kwg. na 100 tn.km. ciąg. gospodarczych. Na kolei New-York New Haven and Hartford na 100 tn.km.

ciąg rzeczywistych około 2,95 kwg. Na kolei Chicago Milwaukee and St. Paul (około 750 km. linii górzystej, ale z odzyskiwaniem energii) na 100 tn. km. ciąg. rzeczywistych 2,95 kwg.

Pojęcie tonno-kilometra gospodarczego wprowadzone przez koleje państwowe Włoskie wypływa z pojęcia długości gospodarczej danej linii.

Ponieważ pochyłości i łuki zwiększają zużycie energii, przeto, gdyby tych pochyłości i łuków nie było, możnaby tą samą ilością energii przewieźć tonnę wagi na dalszą odległość. Długością więc gospodarczą danej linii jest ta odległość, na jaką można przewieźć jedną tonnę wagi, na szlaku prostym i poziomym zużywając na to tę ilość energii, jaka zostaje zużyta na przewiezienie tejże tonny od jednego końca linii na drugi. Stosunek długości gospodarczej do rzeczywistej będzie tem większy, im bardziej górzysta jest linja i im więcej ma ona łuków.

Długość gospodarczą oblicza dyrekcja kolei państwowych włoskich w sposób następujący: dla uproszczenia rachunku zakłada się przede wszystkim, że opór trakcji całego pociągu wynosi, niezależnie od prędkości, 5 kg. na tonnę, wobec czego uwzględnia się tylko pracę zużyta przy jeździe z pochyłości do 4‰. Dla uwzględnienia strat ciepła przez promieniowanie (rachunek został ustalony dla kolei parowych) oraz pary dla hamulców, zalicza się jednak 1/5 długości pochyłości większych. Oznaczając:

długość gospodarczą =  $Lg$

długość rzeczywistą =  $Lr$

długość linii leżącej w łukach o promieniu  $r$  metrów =  $l$

pochyłość w tysięcznych =  $i$ ,

otrzymuje się następujące wzory:

$$Lg = Lr + \frac{i \cdot Lr}{5} + \frac{800 \cdot l}{i} \text{ dla jazdy pod górę,}$$

$$Lg = Lr - \frac{i \cdot Lr}{5} + \frac{800 \cdot l}{i} \text{ dla jazdy z góry na pochyłości do 4‰,}$$

$$Lg = \frac{Lr}{5} \text{ dla jazdy z góry na pochyłości ponad 4‰.}$$

Długość gospodarcza danej linii, średnia dla jazdy w obu kierunkach, jest średnią z sum poszczególnych długości gospodarczych, obliczonych dla jazdy w obu kierunkach.

Jeżeli n. p. mamy linję kolejową o ogólnej długości 100 km., z których 45 leży poziomo, 20 km. pod górę 2‰, 10 km. 6‰, 5 km. 8‰, 10 km. z góry 3‰, 10 km. z góry 2‰, 3 km. w łukach o promieniu 500 m., 2 km. w łukach o promieniu 800 m. i 3 km. w łukach o promieniu 1000 m., to długość gospodarcza tej linii będzie w jednym kierunku:

$$Lg = 100 + \frac{2.20 + 6.10 + 8.5 - 3.10 - 2.10}{5} + 800 \cdot \left( \frac{3}{500} + \frac{2}{800} + \frac{3}{1000} \right) =$$

$$= 127,2 \text{ i w drugim:}$$

$$Lg = 100 + \frac{2.10 + 3.10 + 15 - 2.20}{5} - 15 + 800 \cdot \left( \frac{3}{500} + \frac{2}{800} + \frac{3}{1000} \right) =$$

$$= 103,2. \text{ Długość gospodarcza średnia } 115,2 \text{ km.}$$

Jeżeli mamy do czynienia z trakcją elektryczną, to dodawanie  $1/5$  długości pochyłości ponad  $4\text{‰}$  staje się zbyt duże; jeżeli zaś dana linja stosuje odzyskiwanie energii, to ilość odzyskanej energii powinna być należycie uwzględniona, tak, że  $Lg$  dla pochyłości powyżej  $4\text{‰}$  staje się właściwie ujemna.

*d) Dalsze zalety lokomotyw elektrycznych.* Lokomotywa elektryczna dostosowuje się doskonale do zmiennych warunków eksploatacji i może dawać dowolnie wielką siłę pociągową lub wielką prędkość tak, że jedna i ta sama lokomotywa może służyć dla pociągów osobowych i towarowych, lub osobowych i pośpiesznych, lub wreszcie ciągnąć pociąg tak na równinie, jak i pod górę. Przy trakcji więc elektrycznej zmniejsza się ilość niezbędnych typów lokomotyw oraz konieczność zmiany lokomotywy przy przejściu z równiny na linję górską.

Stała gotowość do pracy, bez straty czasu na rozpalanie ogniska i łatwiejsze wogóle utrzymanie, powodują znacznie większy średni dzienny przebieg lokomotyw elektrycznych. Tak n. p. na kolei szwedzkiej Kiruna-Riksgränzen przebiegały parowozy dziennie średnio 180 km., a maksymalnie do 270 km.; lokomotywy elektryczne robią tam średnio 520 km. dziennie.

Przy kolejach parowych konieczność nabierania wody i węgla powoduje zawsze dość znaczne straty czasu, których się unika przy trakcji elektrycznej; ma to duże znaczenie dla pociągów pośpiesznych, które mogą przebiegać ogromne przestrzenie bez zatrzymania.

Lokomotywy elektryczne są znacznie droższe od parowozów (cena parowozu przed wojną 45—60000 marek, lokomotywy elektrycznej 95—120000 marek). W miarę rozwoju trakcji elektrycznej i wzrostu zapotrzebowania na lokomotywy elektryczne koszt ich budowy prawdopodobnie znacznie się zmniejszy. Nie należy przytem zapominać, że mniejsza ilość lokomotyw elektrycznych, potrzebnych dla obsługi danej linii znacznie zmniejsza różnicę kosztów. Na ogół można przyjąć, że lokomotywy elektryczne nie kosztują dla danej kolei więcej, jakby kosztowały parowozy.

Szczegółowe rozpatrywanie korzyści, jakie za sobą pociąga wprowadzenie trakcji elektrycznej, wychodziłoby poza ramy tego dzieła, tem-

bardziej, iż rentowność trakcji elektrycznej nieda się z góry dla wszelkich warunków określić, lecz że przeciwnie każda kolej wymaga oddzielnych obliczeń i zestawień. Znaczne koszta sieci nadziemnej roboczej i zasilającej a także i lokomotyw elektrycznych powodują, że trakcja elektryczna staje się odpowiednia tylko począwszy od pewnej gęstości ruchu i daje tem większe korzyści, im ruch jest intensywniejszy, t. j. im większe jest obciążenie danej linii. Zaznaczyć jednak należy, że oszczędności, jakie pociąg za sobą wprowadzenie trakcji elektrycznej, są naogół bardzo znaczne. Tak n. p. koszt przewiezienia 100 tonno-kilometrów, który wynosił na kolei Giovi 84 cent. przy trakcji parowej, spadł do 65 cent. po wprowadzeniu trakcji elektrycznej i to pomimo tego, że kolej ta płaciła za energję elektryczną bardzo drogo, bo 12,33 cent. za kwg. Na kolei Löttschberg wynosi stosunek kosztów eksploatacji parowej do elektrycznej 100:66<sup>2</sup>/<sub>3</sub>, na kolei Lauban-Königszelt na Śląsku daje trakcja elektryczna oszczędność około 15% i to pomimo nadzwyczajnej taniości węgla w tych okolicach, na kolei Butte-Anaconda około 20%, Chicago Milwaukee and St. Paul 10% i t. d. \*)

**14. Przykłady wykonanych lokomotyw elektrycznych.** Lokomotywa osobowo-towarowa Powszechnego Towarzystwa Elektrycznego typu 1 — B + B — 1, rys. 149-ty, składa się z dwu ze sobą krótko sprzężonych części i zaopatrzona jest w dwa motory systemu Winter-Eichberga, otwarte, o mocy 800 K. M. każdy (w ciągu godziny).

Lokomotywa cała waży	93 tonny.
Waga przyczepności wynosi	68 „
Obciążenie osi pędnej	17 „
Waga urządzeń elektrycznych	49 „

Maksymalna siła pociągowa na obwodzie kół = 13500 kg., siła pociągowa u haka w przeciągu godziny przy prędkości 40 km. g. = 8000 kg., maksymalna prędkość 75 km. g.

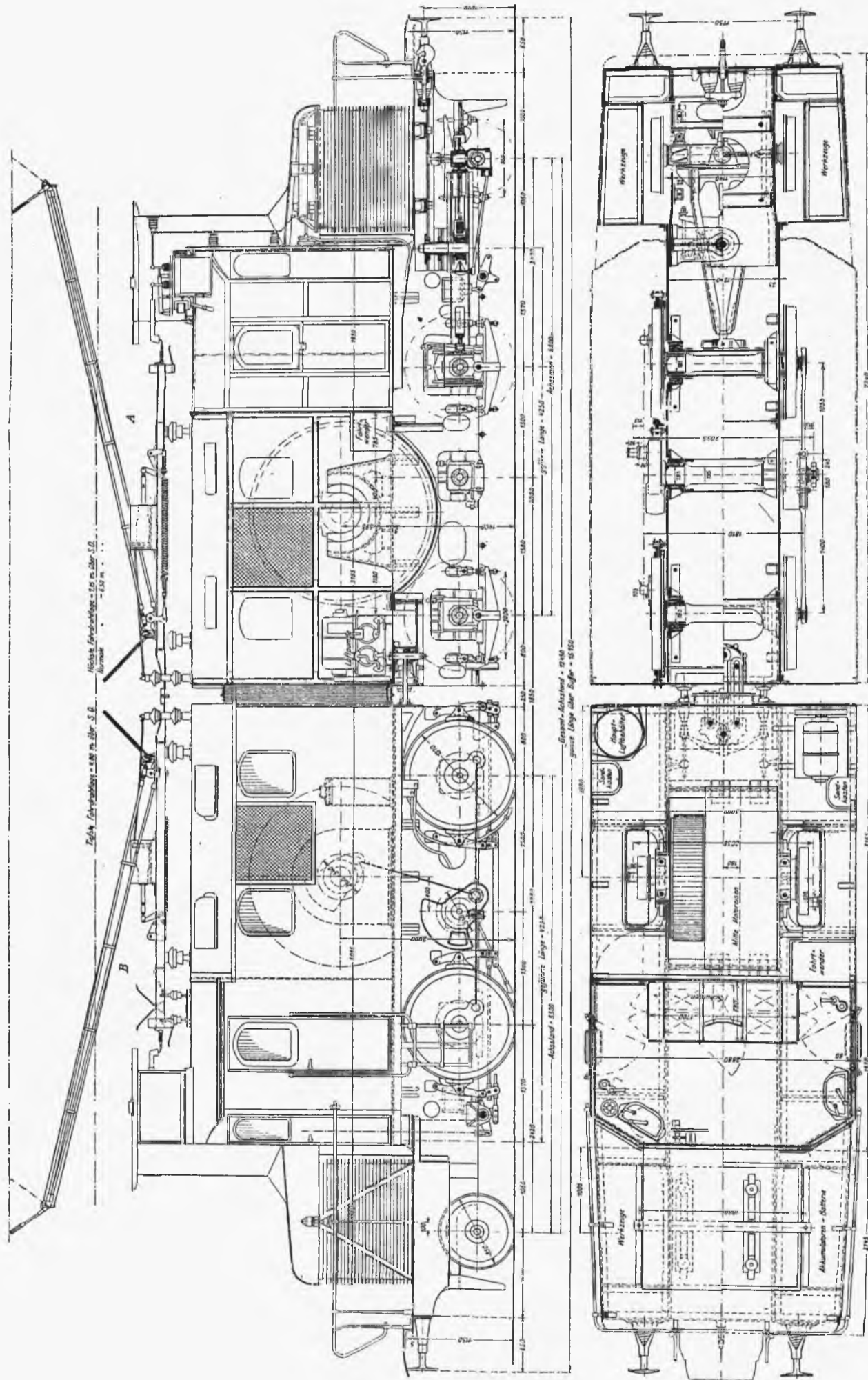
Na pochyłości 27‰ ciągnie lokomotywa pociąg o wadze 250 ton. z prędkością 40 km.g., na pochyłości 15‰ z tą samą prędkością pociąg o wadze 400 ton. Przy ruszaniu na pochyłości 15‰ nadaje pociągowi przyspieszenie nie mniejsze, jak 0,05 m. s<sup>2</sup>.

Napięcie w drucie roboczym 15000 voltów, 16<sup>2</sup>/<sub>3</sub> okresów.

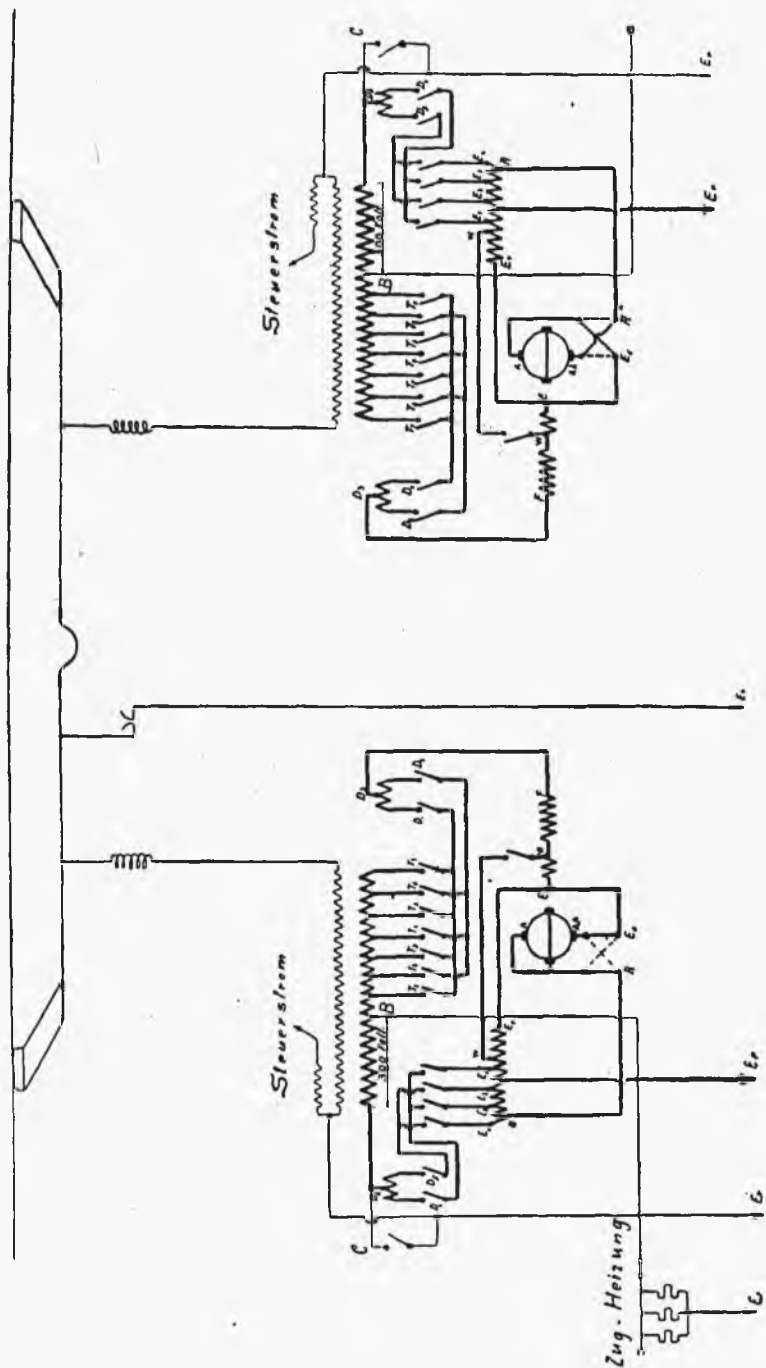
Układ połączeń tej lokomotywy widzimy na rys. 150-tym, wnętrze przedziału dla maszynisty na rys. 151-szym.

Lokomotywa pośpieszna fabryki Siemens-Schuckert typu 2 — B — 1, rys. 152-gi.

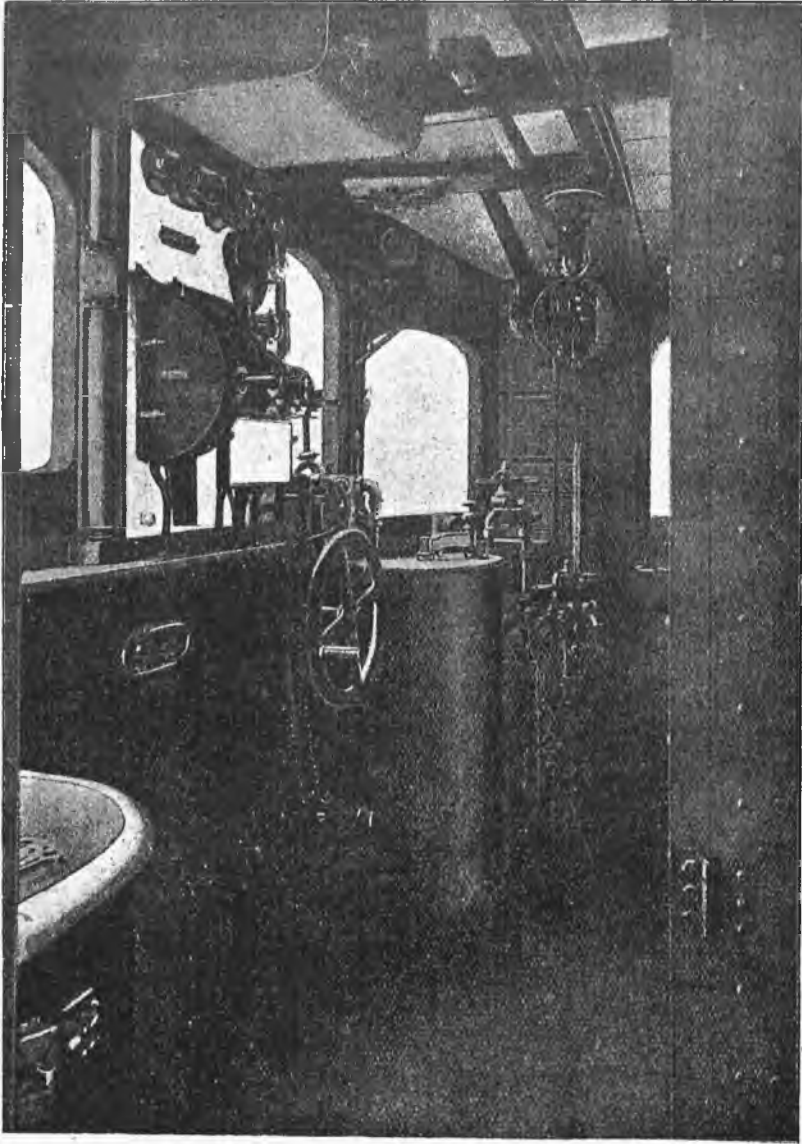
\*) W koszta trakcji elektrycznej włączone jest oczywiście oprocentowanie i amortyzacja kapitału, wyłożonego na elektryfikację.



Rys. 149.



Rys. 150.



Rys. 151.





Główne dane tej lokomotywy są:

Waga całkowita 74 tonny.

Waga przyczepności 33 tonny.

Waga urządzeń elektrycznych 28,5 tonny.

Obciążenie osi pędnej 16,4 tonny.

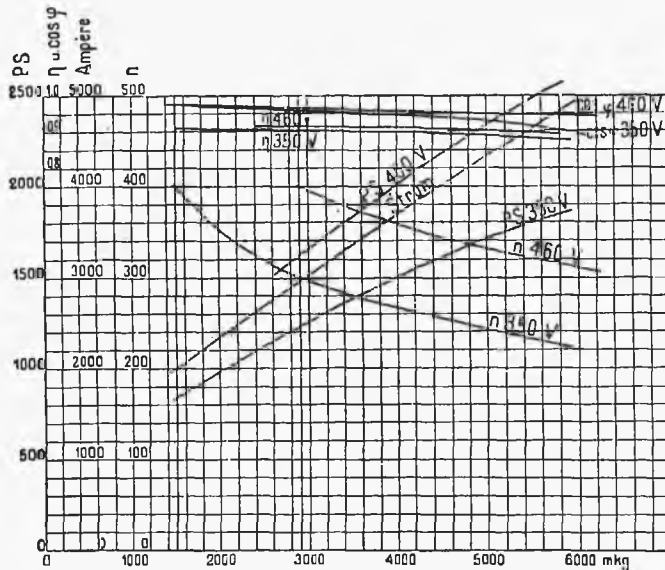
1 motor bezpośrednio zasilany, otwarty, o mocy w ciągu godziny 1600 K. M.

Największa siła pociągowa przy ruszaniu 7000 kg.

Największa prędkość 110 km.g.

Waga pociągu przy prędkości 100 km.g. 240 ton.

Napęd jednokorbowy na ślepy wał.



Rys. 153.

Wykres motoru widzimy na rys. 153-cim, układ połączeń na rys. 154-tym.

Regulowanie odbywa się przy pomocy transformatora obrotowego w połączeniu z 4 odgałęzieniami dla różnych napięć. Do napędu transformatora obrotowego służy specjalny motor.

Walec główny regulatora posiada 4 położenia, a mianowicie:

„0” w którym motor jest wyłączony

„+” motor włączony, prędkość się zwiększa

„Jazda” motor włączony, napięcie, a zatem i prędkość stała

„—” motor włączony, prędkość się zmniejsza.

Napięcie robocze 15000 voltów,  $16\frac{2}{3}$  okresów.



Lokomotywa budowy „Ateliers de Constructions Électriques de Jeumont“ typu 1 — C — 1, rys. 155-ty.

Lokomotywa ta waży 86 ton; obciążenie osi pędnej 16 ton, prędkość do 80 km.g.

Lokomotywa zaopatrzona jest w trzy motory bezpośrednio zasilane, napędzające każdy jedną oś przy pomocy kół zębatach, drążonej osi i elastycznego sprzęgła; moc każdego motoru 500 K. M., przekładnia 1 : 2,72. Dla ruszania można motory zmieniać w motory repulsyjne; motory są ze sobą połączone stale w szereg. Transformatorów jest dwa, po 750 kw. każdy.

Regulowanie prędkości uskutecznia się przez zmianę napięcia w granicach od 200 do 750 voltów. Służą do tego transformatory obrotowe bez żadnych wyłączników elektromagnetycznych.

Transformatory obrotowe wbudowane są bezpośrednio w transformatory główne, rys. 156-ty.

Lokomotywa może być hamowana elektrycznie, może również na spadkach odzyskiwać energję; w tym celu przełącza się motory tak, że zostają wzbudzone oddzielnie przez motory pomp powietrznych, które w tym celu są zaopatrzone w specjalne uzwojenia.

Przekrój motoru wraz z osią pędną, drążonym wałem i sprzęgłem widzimy na rys. 157-mym.

Lokomotywa Brown i Boveri typu 1 — B + B — 1 kolei gothardskiej dla pociągów pospiesznych i osobowych, rys. 158-my, 159-ty i 160-ty.

Lokomotywa spoczywa na dwu wózkach 3 osiowych, z których dwie są pędne, a jedna potoczna. Wózki połączone są ze sobą sprzęgłem elastycznym, przenoszącym siłę ciągnięcia i pchania bezpośrednio z wózka na wózek. Sprzęgło to zmniejsza na łukach obciążenie grzebieni wewnętrznych kół pędnych i temsamem ułatwia bieg lokomotywy.

Główne dane lokomotywy są następujące :

Prąd zmienny jednofazowy 15000 voltów,  $16\frac{2}{3}$  okresów.

Waga urządzeń elektrycznych 49,6 ton

Waga części mechanicznych 58,0 „

Waga całkowita 107,6 ton

Waga przyczepności 78,6 ton

Obciążenie osi pędnej 19,5 „

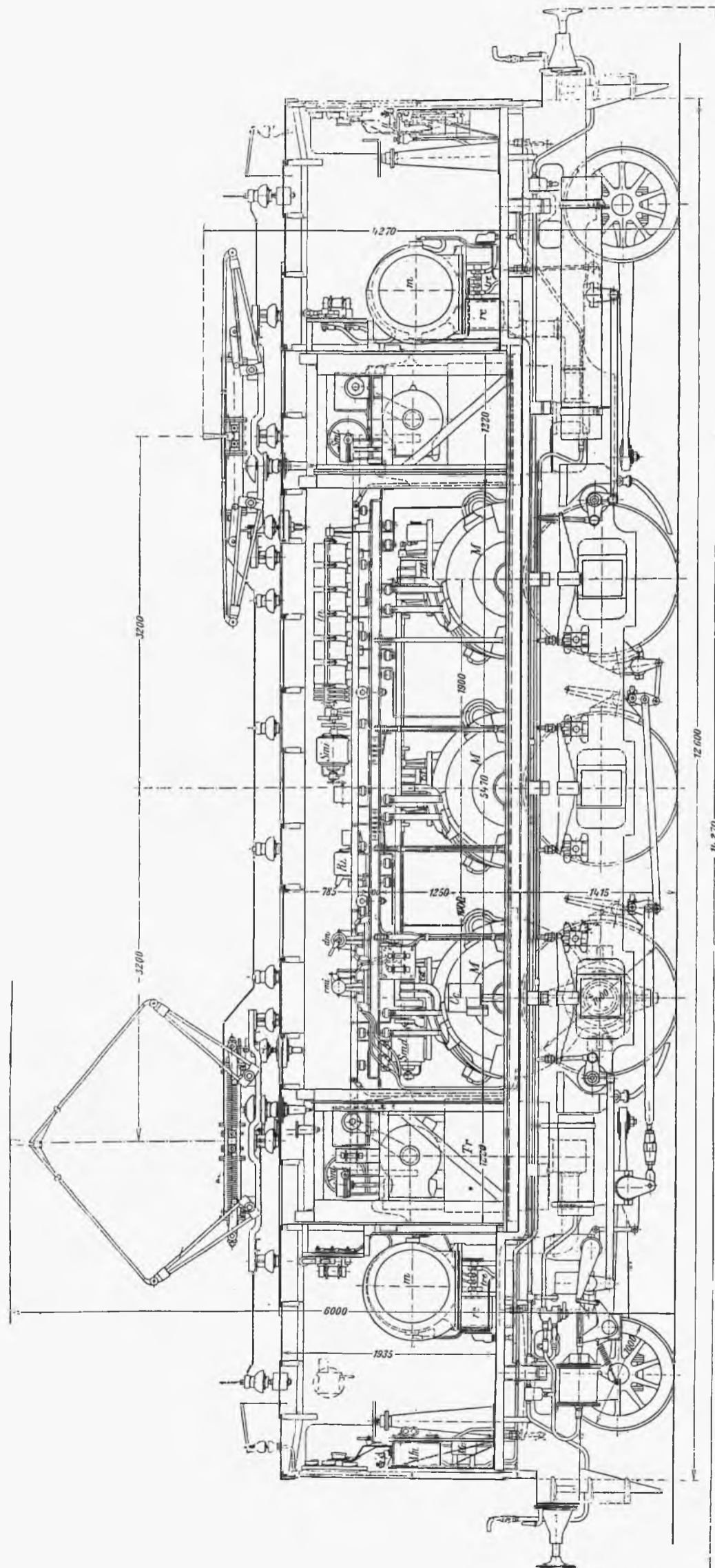
Waga na metr bieżący 6,7 „

Długość między zderzakami 16500 mm

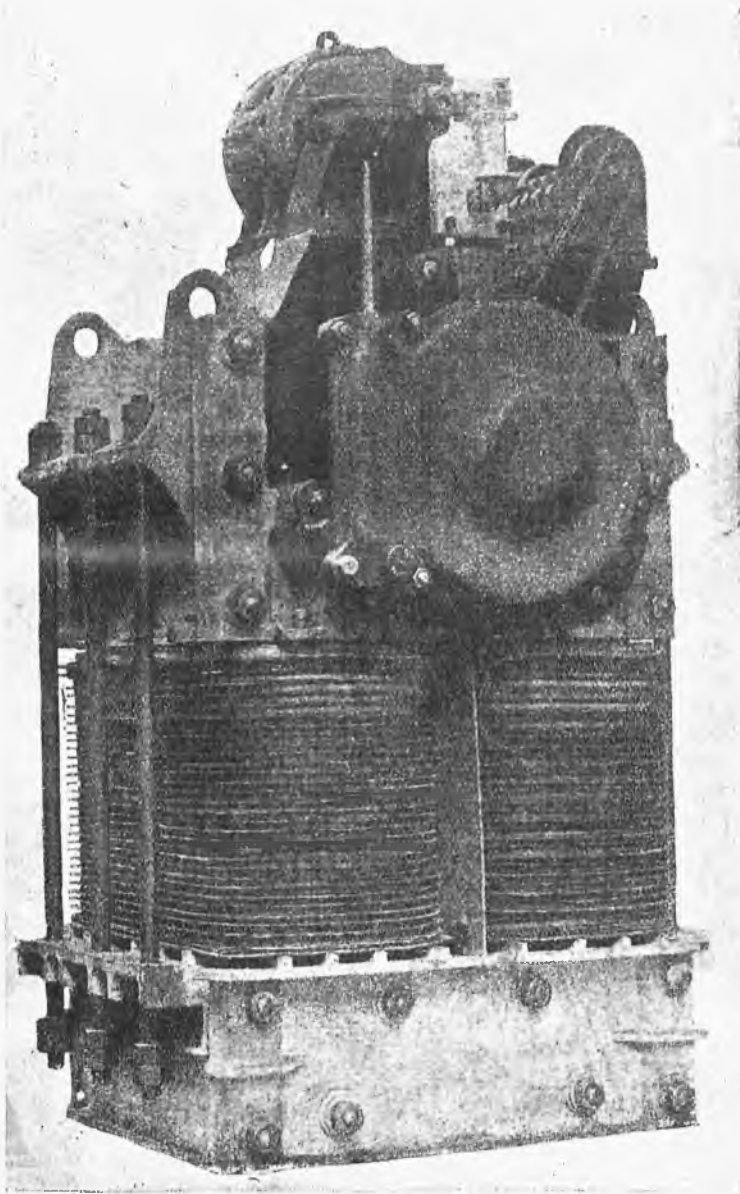
Rozstaw osi pędnych 3300 mm

Średnica kół pędnych 1350 mm

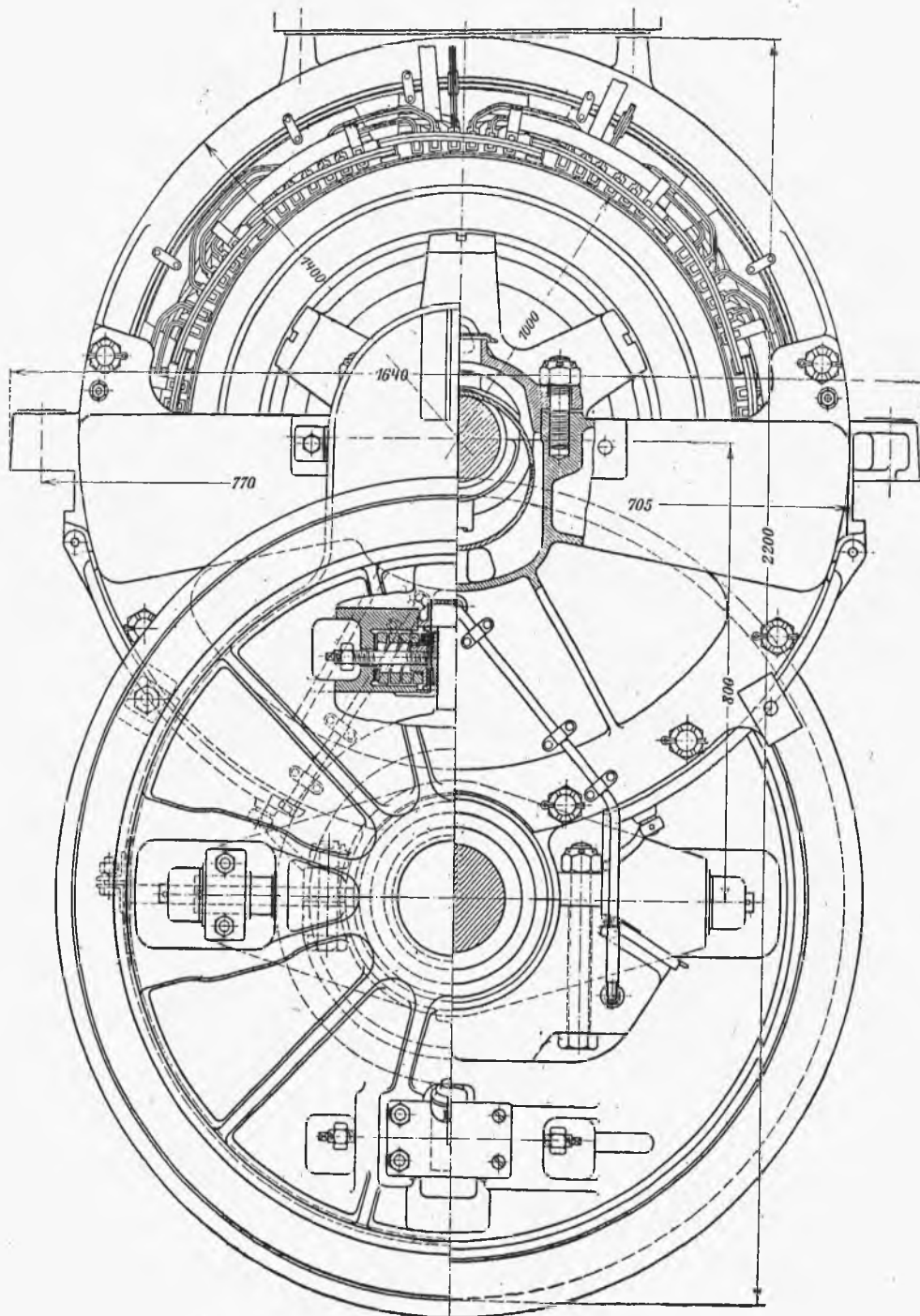
„ „ potocznych 950 mm



Rys. 165.

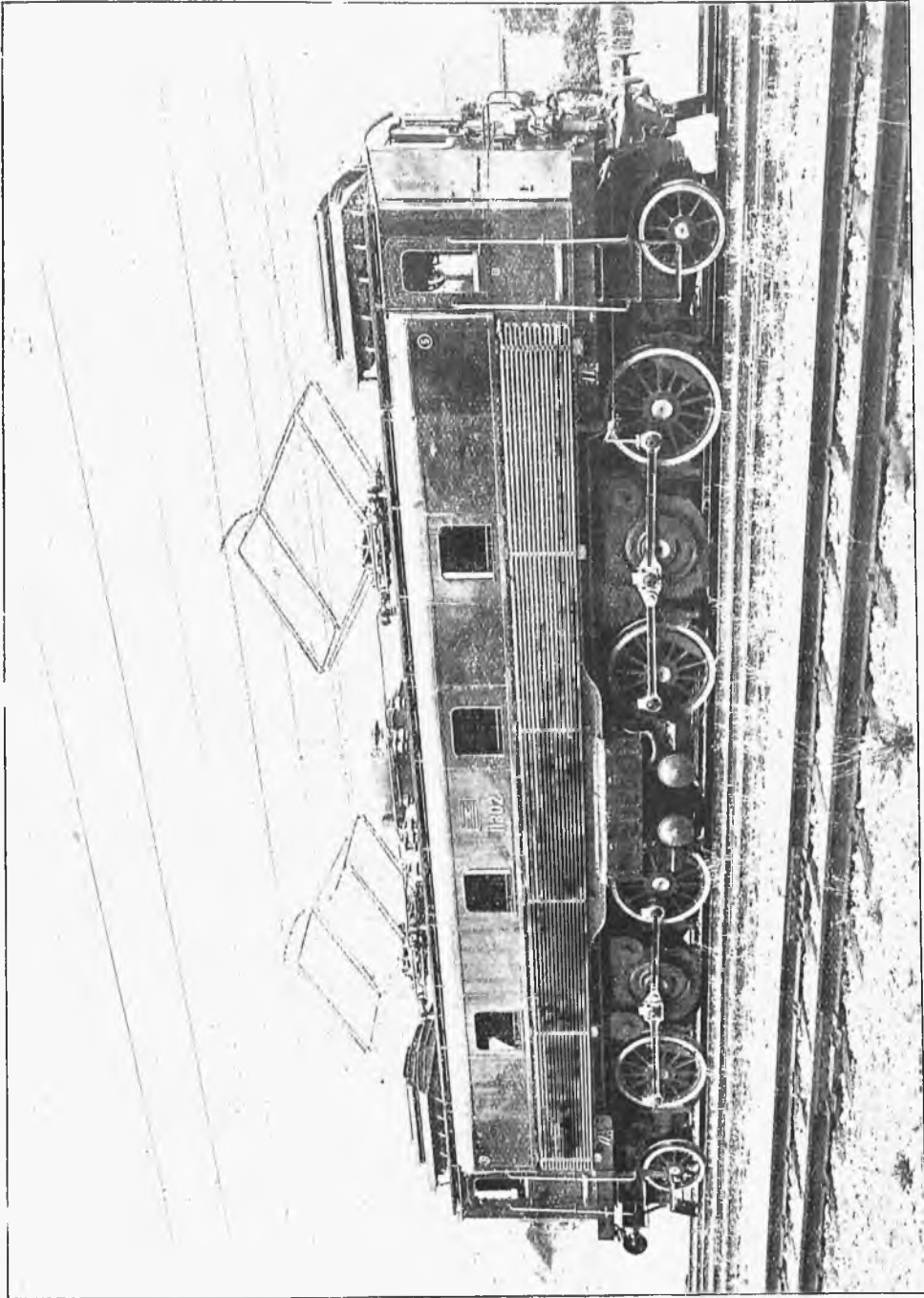


Rys. 156.



Rys. 157.





Rys. 158.



4 motory o mocy w ciągu godziny 620, stałej 500 K. M. każdy.

Jeden transformator w oleju o mocy 1750 kw.

Stała siła pociągowa na obwodzie kół przy prędkości 60 km.g.  
7100 kg.

Maksymalna prędkość 75 km.g.

Maksymalna siła pociągowa w chwili ruszania 16000 kg.

Pudło lokomotywy opiera się na dwu mocnych czopach obrotowych; jeden z tych czopów osadzony jest nieruchomo, drugi ma małą grę w kierunku długości lokomotywy, co zapobiega przenoszeniu sił pociągowych przez czopy w chwili sprężynowania sprzęgła między wózkami. Dalsze dwa punkty oporu stanowią powierzchnie ślizgowo-oporowe zaraz koło wewnętrznych osi pędnych. Boczna stałość pudła zapewniają wężykowate sprężyny, po dwie z boku każdego czopa.

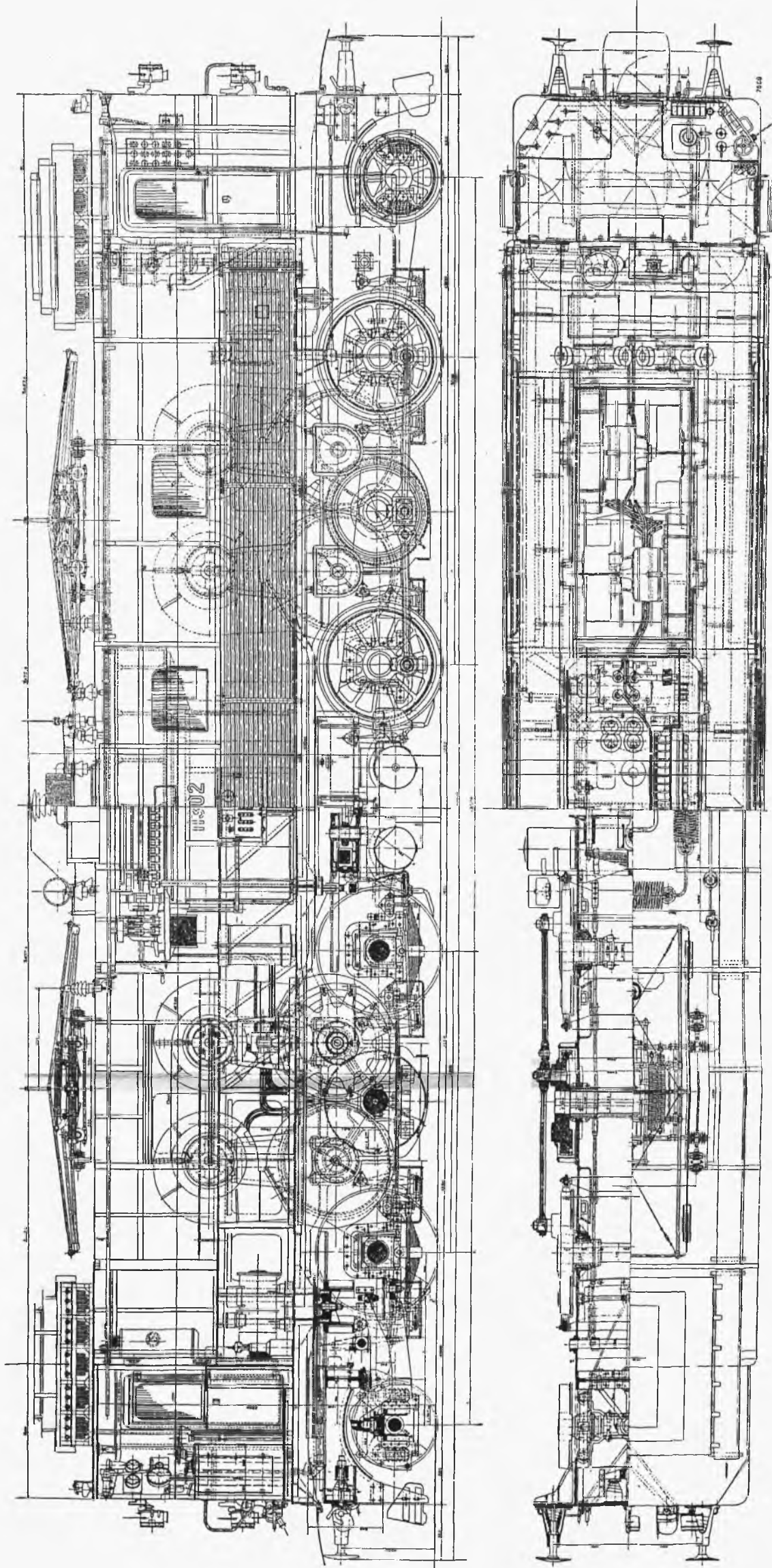
Motory są osadzone dość wysoko w ramie lokomotywy i napędzają parami przez małe koła zębate, osadzone sprężynująco na wale motoru, dwa większe koła zębate, osadzone na ślepych wałach, których łożyska opierają się również na ramie lokomotywy. Ślepe wały napędzają przy pomocy korb i poziomych korbowodów każdy dwie osie pędne.

Motory są motorami bezpośrednio zasilanymi, szeregowymi z uzwojeniem dodatkowym i polem zwrotnem oraz oporami w twornikach i są stale połączone po dwa w szereg, obie zaś pary równoległe. Regulowanie prędkości odbywa się przy pomocy zmiany napięcia na zaciskach motorów w granicach 240—1320 voltów na parę motorów w 16 stopniach, średnio po 70 voltów na stopień. Motory są sztucznie wentylowane, powietrza dostarczają oddzielne dla każdego motoru wentylatory umieszczone w pudle lokomotywy. Do zmiany napięcia służą kontaktory, opisane na str. 125 i 126, rys. 139-ty i 140-ty.

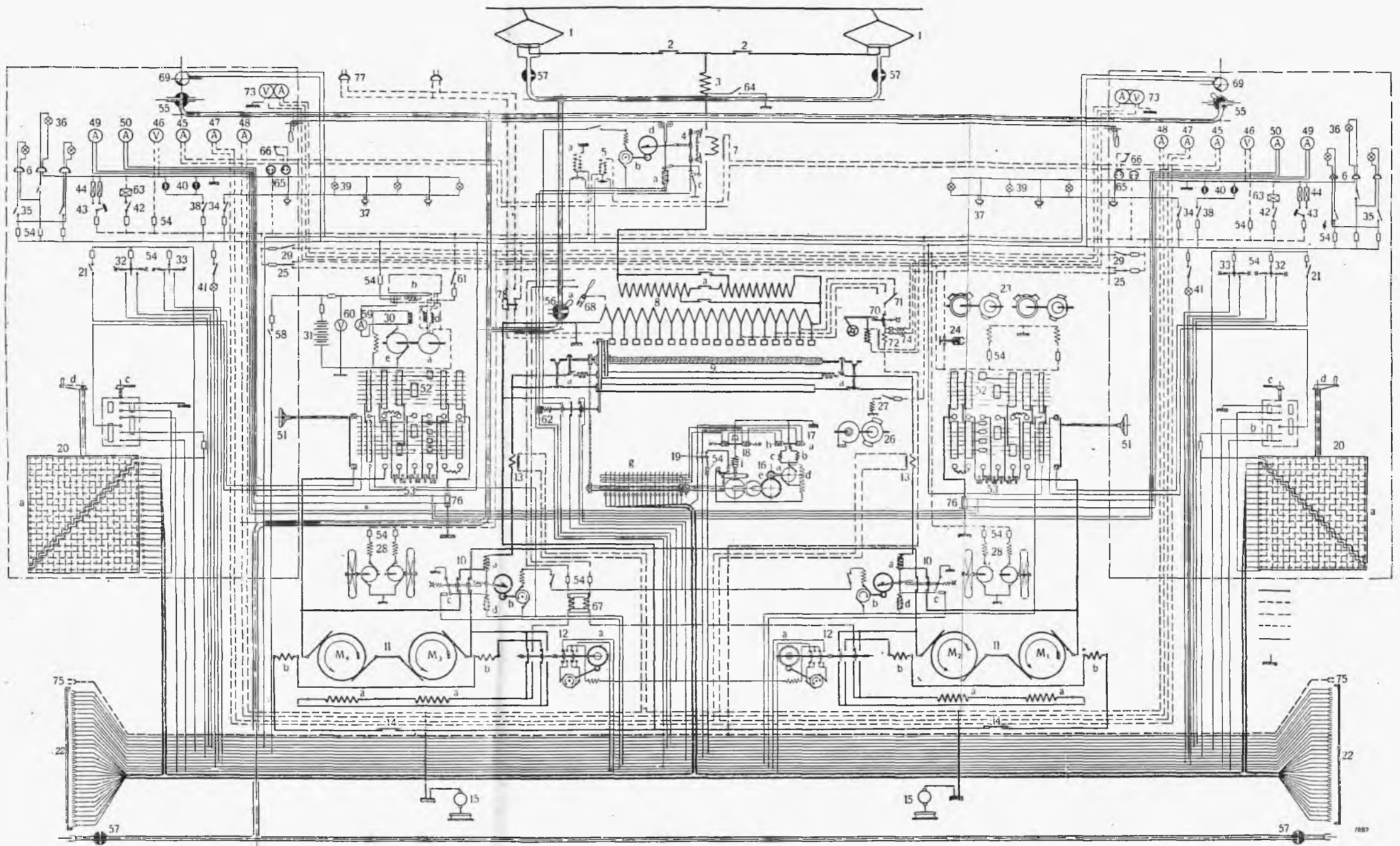
Lokomotywa zaopatrzona jest w hamulce pneumatyczne i ręczne, a oprócz tego w hamulec elektryczny opornikowy; oporniki hamulcowe umieszczone są na dachu lokomotywy.

Lokomotywa Oerlikon typu 1—B + B—1 kolei gothardskiej dla pociągów pospiesznych i osobowych, rys. 161-szy i 162-gi.

Budowa mechaniczna lokomotywy tej jest zupełnie podobna do wyżej opisanej. Pudło więc siedzi na dwu 3 osiowych wózkach, złączonych ze sobą sprzęgłem elastycznym. Każdy wózek ma dwie osie pędne i jedną potoczną nastawialną. Rama lokomotywy opiera się na dwu czopach obrotowych tak, że jeden z nich ma pewną grę, a poza tem na dodatkowych sprężynujących płaszczyznach po obu stronach czopów. Czopy są dość daleko wysunięte ku przodowi; za motorami znajdują się dalsze punkty oporowe, a mianowicie sprężynująco umocowane wałki.

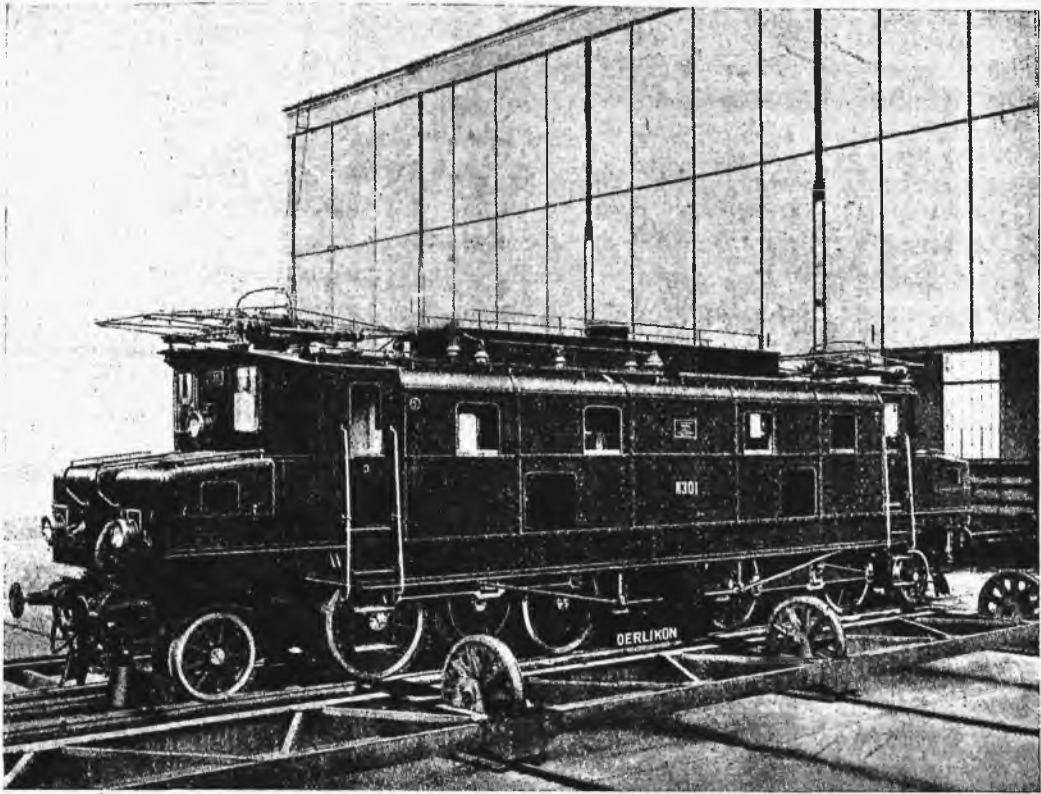


Rys. 159.



Rys. 160.

- |   |  |   |   |
|---|--|---|---|
| 1 — Zbieracz prądu                                    | 16c— Uzwojenie dla biegu w tył         | 30f— Opornik do regulowania   | 55 — Wentyl dla podnoszenia zbieracza prądu               |
| 2 — Wylłącznik  | 16d— Opór bocznikowy twornika          | 31 — Bateria akumulatorów   | 56 — Wentyl trójdrogowy                                   |
| 3 — Zwój dławikowy                                    | 16e— Sprzęgło z kółkiem i pieskiem     | 32 — Wylłącznik dla nastawiania z odległości wylłącznika wysokiego napięcia | 56a— Dźwignia zamykająca pomieszczenie wysokiego napięcia |
| 4 — Wylłącznik wysokiego napięcia z napędem motorowym | 16f — Magnes zatrzymujący              | 33 — Wylłącznik dla nastawiania z odległości wylłącznika niskiego napięcia  | 57 — Wentyl zamykający                                    |
| 4a— Zezwój gaśnikowy                                  | 16g— Łącznik sygnałowy                 | 34 — Wylłącznik oświetleniowy   | 53 — Wylłącznik główny prądu nastawiającego               |
| 4b— Napęd motorowy                                    | 17 — Przekażnik motoru nastawiającego  | 35 — Wylłącznik lamp reflektorowych   | 59 — Amperomierz prądnicowy № 30e                         |
| 4c— Kontakt do lampki sygnałowej                      | 17a— Dla biegu naprzód                 | 36 — Lampy reflektorowe z gniazdami   | 60 — Voltomierz   |
| 4d— Rączka do wylłączania ręcznego                    | 17b— Dla biegu w tył                   | 37 — Gniazdo dla lamp przenośnych   | 61 — Wylłącznik motoru № 30a                              |
| 5 — Przekażnik dla prądu maksymalnego                 | 18 — Przekażnik włączający             | 38 — Wylłącznik   | 62 — Kontakt zamykający wylłączniki                       |
| 6 — Przekażnik dla prądu 0                            | 19 — Wylłącznik zespołu nastawiającego | 39 — Lampki w oddziale maszynowym   | 63 — Nagrzewacz nóg                                       |
| 7 — Transformator                                     | 20 — Regulator główny                  | 40 — Lampki przyborów mierniczych   | 64 — Wylłącznik dla uziemienia                            |
| 8 — Transformator główny                              | 20a— Wałek główny                      | 41 — Wylłącznik lamp sygnałowych  | 65 — Gniazdo kontaktowe dla wattomierza                   |
| 9 — Kontaktor   | 20b— Wałek boczny                      | 41a— Lampy sygnałowe  | 66 — Wylłącznik dla ominięcia gniazda kontakt.            |
| 10 — Wylłącznik olejowy motorów głównych              | 20c— Korba kierunku jazdy              | 42 — Gniazdo kontaktowe dla ogrzewacza nóg                                  | 67 — Dławik dla zasilania dodatkowego                     |
| 10a— Przekażnik maksymalny                            | 20d— Korba główna                      | 43 — Wylłącznik ogrzewacza przedziału maszynisty                            | 68 — Wylłącznik zasilania dodatkowego                     |
| 10b— Napęd motorowy                                   | 21 — Wylłącznik regulatora             | 44 — Piecyk elektryczny   | 69 — Kontakt zamykający                                   |
| 10c— Kontakt lampki sygnałowej                        | 22 — Gniazdo kontaktowe na 31 przewod. | 45 — Amperomierz linjowy  | 70 — Wylłącznik maksymalny ogrzewania                     |
| 10d— Zwój wylłączający                                | 23 — Kompresor                         | 46 — Voltomierz linjowy   | 71 — Przelącznik ogrzewania                               |
| 11 — Motory główne                                    | 24 — Samoczynny regulator ciśnienia    | 47 — Amperomierz dla motorów 1 i 2  | 72 — Transformator dla ogrzewania                         |
| 11a— Uzwojenie główne                                 | 25 — Wylłącznik kompresora             | 48 — " " " prądu hamującego motorów 1 i 2                                   | 73 — Ampero-voltomierz dla ogrzewania                     |
| 11b— Uzwojenie wyrównawcze                            | 26 — Motor z pompą dla oliwy           | 49 — " " " prądu ham. motorów 3 i 4   | 74 — Opornik voltomierza                                  |
| 12 — Przelącznik kierunku jazdy                       | 27 — Wylłącznik                        | 50 — " " " prądu ham. motorów 3 i 4   | 75 — Gniazdo łącznikowe ogrzewania                        |
| 12a— Napęd motorowy                                   | 28 — Wentylator motorów głównych       | 51 — Napęd regulatora hamowania   | 76 — Bocznik dla amperomierza prądu hamującego            |
| 13 — Transformator                                    | 29 — Wylłącznik                        | 52 — Regulator dla hamowania  |   |
| 14 — Wylłącznik                                       | 30 — Przetwornica                      | 53 — Opory dla hamowania  |   |
| 15 — Pierścień uziemiający                            | 30a— Motor                             | 54 — Bezpiecznik  |   |
| 16 — Zespół nastawiający                              | 30b— Przystawki włączający             |   |   |
| 16a— Motor nastawiający                               | 30c— Opornik                           |   |   |
| 16b— Uzwojenie dla biegu naprzód                      | 30d— Zwój dławikowy                    |   |   |
|   | 30e— Prądnic                           |   |   |
|   |  |   | 77 — Gniazdo łącznikowe dla remiz                         |
|   |  |   | 78 — Przelącznik do niego                                 |
|   |  |   | 79 — Wylłącznik napędów motorowych                        |
|   |  |   | 80 — Wylłącznik dla wylącz. przy napięciu 0               |
|   |  |   | 81 — Licznik.   |



Rys. 161.

Główne dane lokomotywy są następujące :

Prąd zmienny jednofazowy 16000 voltów,  $16\frac{2}{3}$  okresów.

Waga urządzeń elektrycznych 54,5 ton

Waga części mechanicznych 58,5 „

Waga całkowita 113,0 ton

Waga przyczepności 80,0 ton

Obciążenie osi pędnej 20,0 „

Waga na metr bieżący 7,0 „

Długość między zderzakami 16200 mm

Rozstaw osi pędnych 2900 mm

Średnica kół pędnych 1350 mm

Średnica kół potocznych 930 mm

4 motory o łącznej mocy w ciągu  $1\frac{1}{2}$  godziny 2250 K. M.

Jeden transformator w oleju.

Siła pociągowa na obwodzie kół w przeciągu  $1\frac{1}{2}$  godziny 12000 kg.  
Maksymalna siła pociągowa w chwili ruszania 18000 „  
Prędkość normalna 50 km. g.  
„ maksymalna 75 „

Motory osadzone dość nisko na ramie lokomotywy pracują po dwa na wspólne koło zębate, osadzone na ślepym wale, którego łożyska są również przytwierdzone do ramy. Ślepe wały sprzężone są przez ramę napędową trójkątną, obróconą, każdy z dwiema osiami pędnymi. Małe koła zębate na osiach motorów mogą sprzężynować w kierunku obrotu.

Motory są bezpośrednio zasilane, szeregowo, z polem dodatkowym o przesuniętej fazie i połączone są stale po dwa w szereg, dwie pary równolegle. Regulowanie prędkości odbywa się przez zmianę napięcia na zaciskach motorów w 23 stopniach. Do włączania poszczególnych stopni służą dwa kontaktory walcowe, poruszane przez małe elektromotorki.

Stałego prądu regulującego dostarcza przetwornica w połączeniu z baterją akumulatorów. Motory są ochładzane sztucznie przez oddzielne dla każdego wentylatory.

Świeżego powietrza dla transformatora dostarcza wentylator śrubowy, umieszczony w dachu lokomotywy. Lokomotywa posiada urządzenie dla elektrycznego ogrzewania pociągu; prąd ogrzewalny o napięciu  $2 \times 500$  voltów wynosi maksymalnie 400 amp. Lokomotywa urządzona jest również dla odzyskiwania energii systemem, opisanym na str. 79-tej.

Lokomotywa amerykańska General Electric Co. kolei Butte Anaconda and Pacific Railway, rys. 163-ci.

Podwozie lokomotywy, rys. 164-ty, składa się z dwu wózków dwuosiowych, połączonych ze sobą sprzęgłem stawowym.

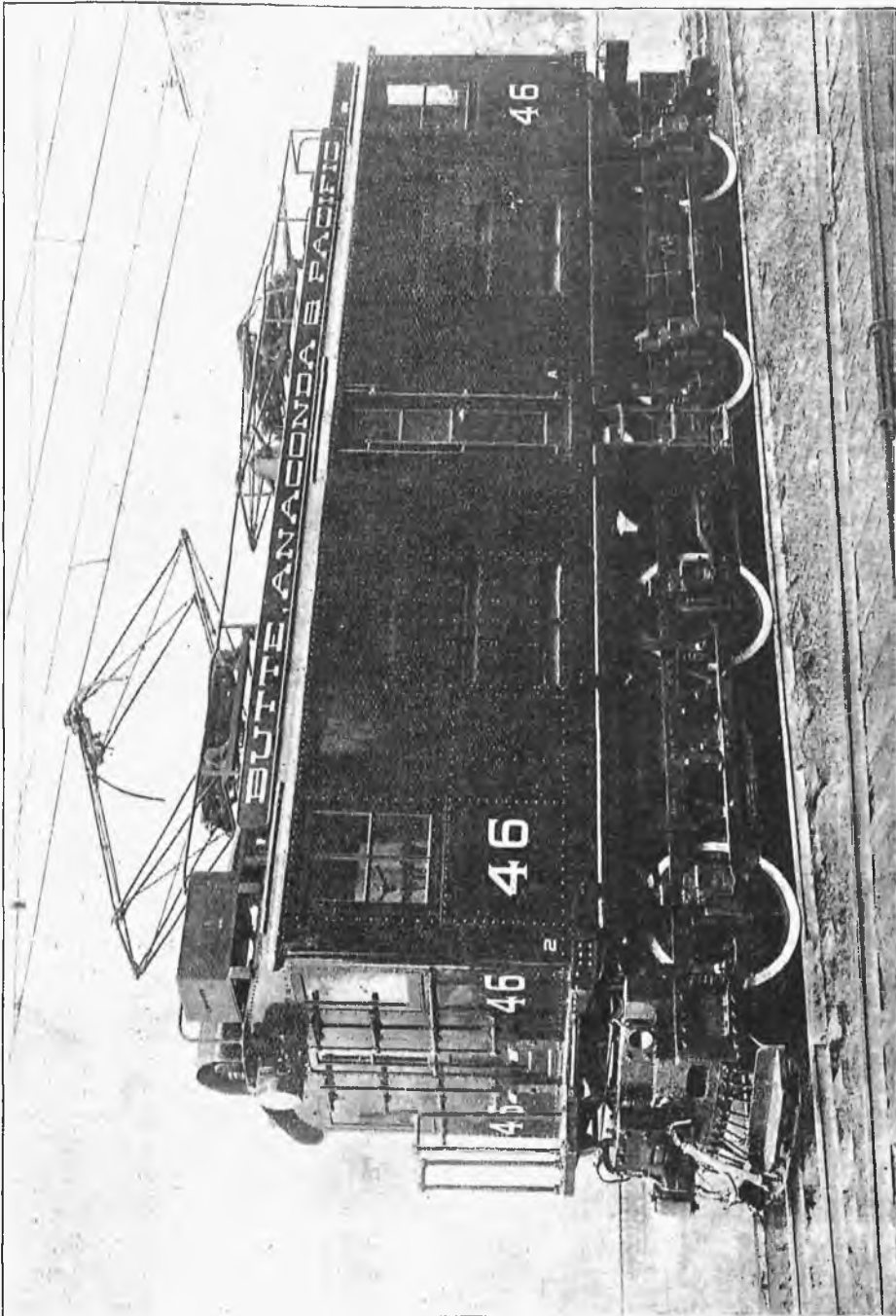
Wszystkie osie są pędne. Prąd stały o napięciu 2400 voltów doprowadzony zostaje do lokomotywy przez nożycowy zbieracz prądu z wałkiem zamiast ślizgacza.

4 motory prądu stałego o łącznej mocy 1050 koni zawieszono w podwoziu sposobem tramwajowym, jednak całkiem odsprężynowane, i napędzają każdy jedną oś pędną przez koła zębate, z przekładnią dla lokomotyw towarowych 1 : 4,84, a dla osobowych 1 : 3,2.

Maksymalna siła pociągowa wynosi dla lokomotywy towarowej 21300 kg., stała 11400 kg. przy 24 km. g. Dwa motory każdego wózka są stale połączone w szereg, grupy w szereg lub równolegle; dalsze regulowanie prędkości opornikowe. Prądu regulującego o napięciu 600 voltów dostarcza mała przetwornica. Prąd ten służy również do napędu wentylatorów i do oświetlenia (po 5 lampek w szereg).







Rys. 168.

Lokomotywa General Electric Co. kolei Chicago Milwaukee and St. Paul typu 2-B-B+B-B-2, rys. 165-ty, 166-ty i 167-my.

Główne dane tej lokomotywy są następujące:

Prąd stały o napięciu 3000 voltów.

Waga całkowita	262	tonny
Waga przyczepności	204	„
Waga na oś pędną	18,4	„
Waga na oś potoczną	15,75	„
Waga nieodsprężynowana na oś pędną	7,4	„
Waga nieodsprężynowana na oś potoczną	1,93	„
Długość między zderzakami	34000	mm.
Odległość skrajnych osi	30700	„
Rozstaw kół pędnych wózka	3192	„
Największa szerokość	3040	„
Wysokość bez zbieracza prądu	5000	„
Średnica kół pędnych	1320	„
Średnica kół potocznych	916	„

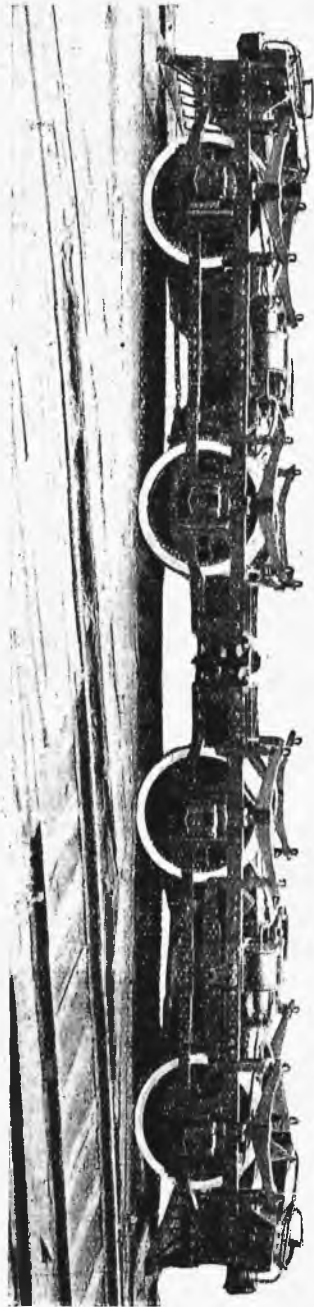
8 motorów o mocy stałej 400 K. M. i jednogodzinnej 452 K. M. każdy.

Stała siła pociągowa na haku (lok. towarowa) 32300 kg.

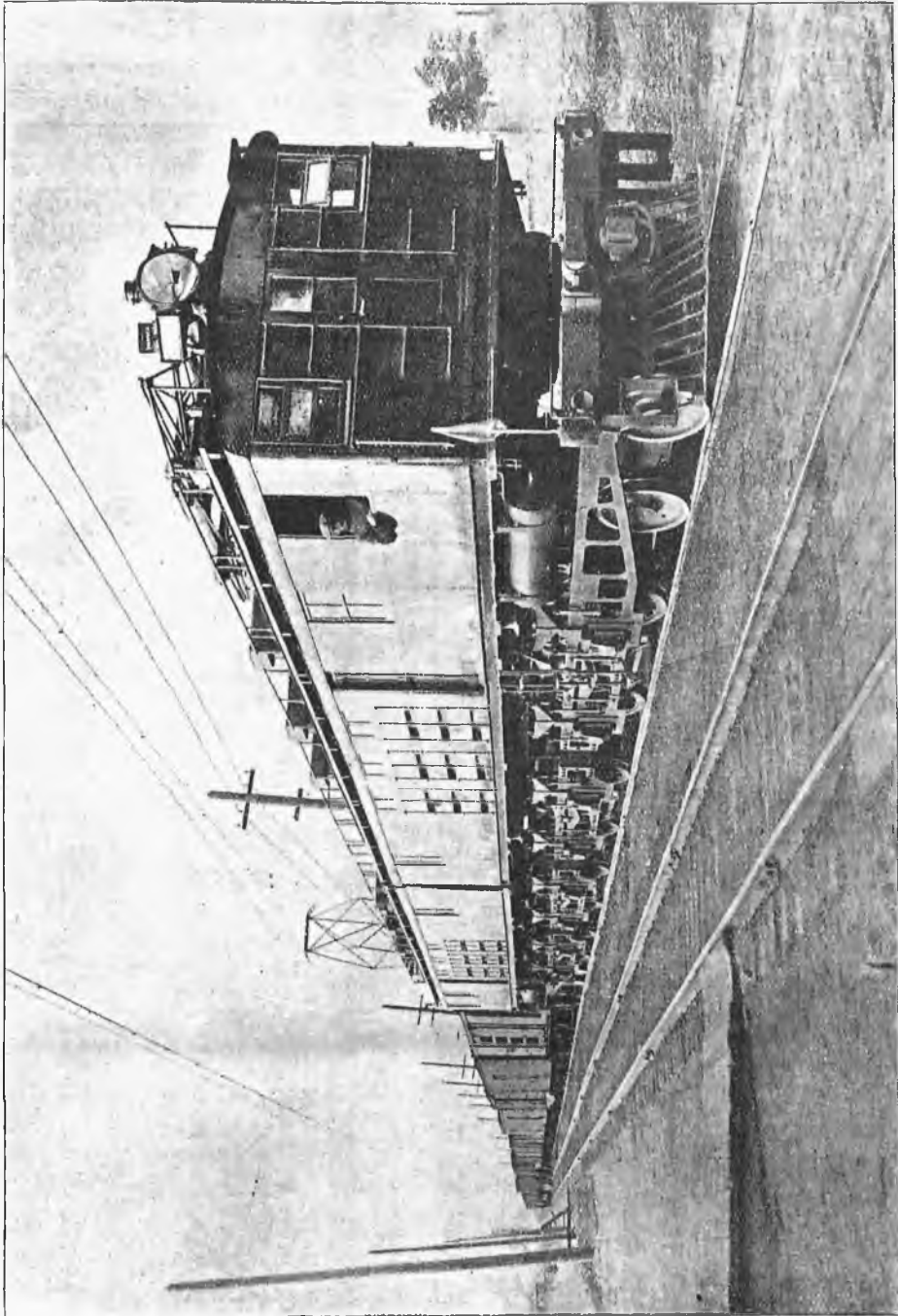
Maksymalna siła pociągowa na haku (lok. towarowa) 60000 kg.

Maksymalna prędkość (lok. osobowa) 100 km. g.

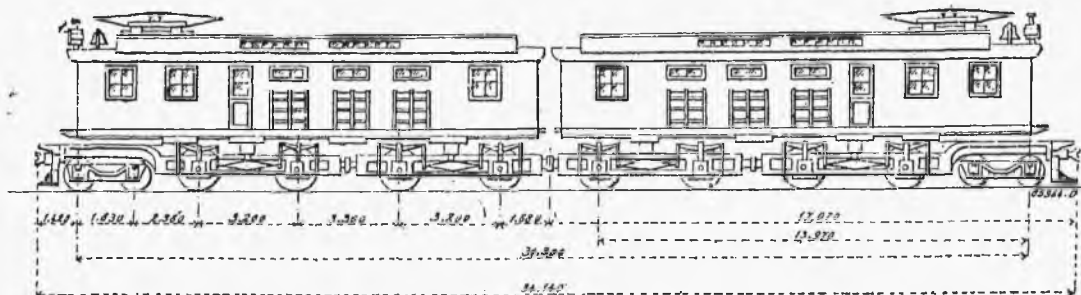
Lokomotywa składa się z dwu ze sobą krótko sprzężonych połów; każda połowa osadzona jest na dwu wózkach dwuosiowych, wszystkie osie są pędne. Przedni wózek ma konstrukcję niesymetryczną, rama jego jest wydłużona aż do końca lokomotywy i wspiera się na dwuosiowym wózku potocznym. Do ramy wózka głównego przytwierdzone jest sprzęgło, tarcza i t. d. Czop obrotowy wózka potocznego ma w ramie głównego grę 100 mm. w każdą stronę i utrzymywany jest w położeniu centralnym przez



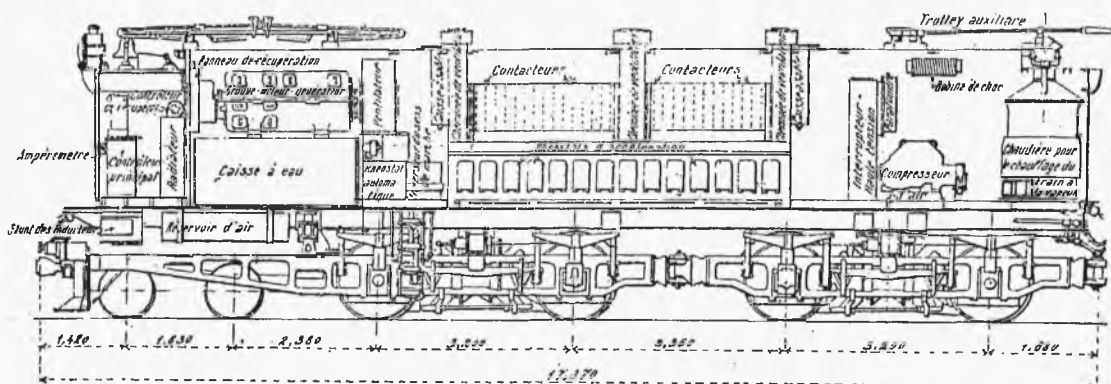




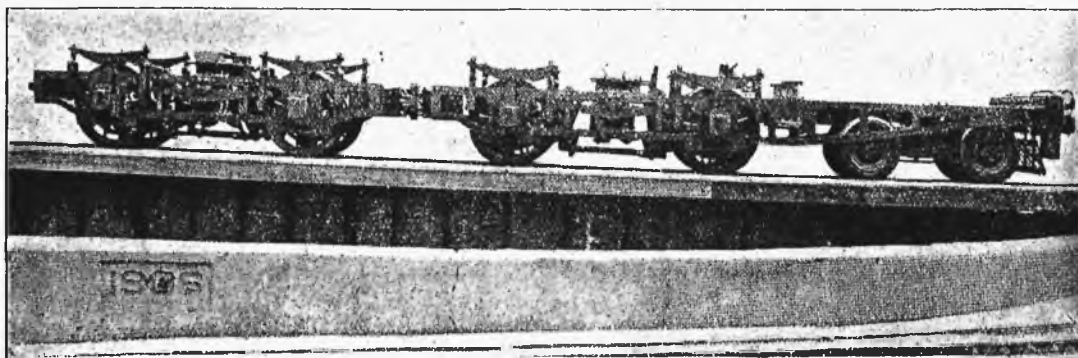
Rys. 165.



Rys. 166.



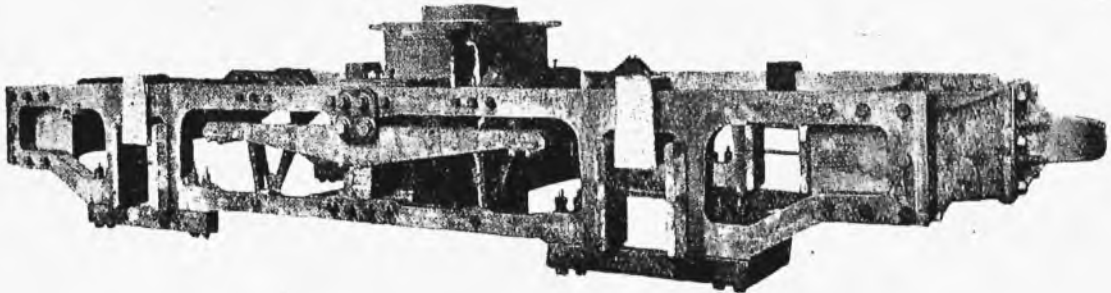
Rys. 167.



Rys. 168.



Rys. 169.



Rys. 170.

mocne sprężyny. Wózki połączone są ze sobą sprzęgłami goleniowemi, czopy obrotowe pozwalają na pewną grę w kierunku podłużnym, nie mają jednak żadnej gry bocznej.

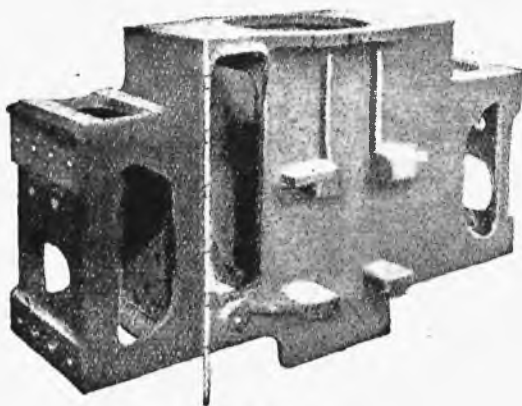
Szczegóły podwozia widzimy: na rys. 168-ym—podwozie jednej połowy, 169-tym—wózek przedni asymetryczny, 170-tym—wózek symetryczny, 171-szym—łożysko czopa obrotowego i 172-gim—przednią część ramy ze sprzęgłem automatycznym.

Motory, po dwa na każdym wózku pędym, osadzone są nisko i zawieszono sposobem tramwajowym pół sprężynująco, „za nos“. Każdy motor ma na obu końcach swej osi małe stalowe koła zębate, napędzające dwa większe koła zębate, osadzone na osi pędnej. Lokomotywy osobowe różnią się od towarowych tylko przekładnią, która wynosi dla pierwszych 1 : 2,45 a dla drugich 1 : 4,56. Piasta większego koła zębatego nie stanowi jednej sztuki z obręczą, lecz ma 6 ramion, połączonych mocnymi sprężynami wężykowatymi z odpowiednimi 6 występami na wewnętrznej stronie obręczy. Sprężyny te pozwalają na pewną grę pomiędzy piastą a obręczą i temsamem łagodzą szarpnięcia przy ruszaniu i zmianach prędkości.

Motory każdego wózka są połączone stale w szereg tak, że każdy z nich otrzymuje tylko 1500 voltów. Grupy motorów dwu wózków mogą być łączone w szereg lub równoległe (razem dla obu połów lokomotywy); w połączeniu równoległym mogą pozatem motory być bocznikowane na 50%, co daje razem 3 różne prędkości jezdne. Do włączania motorów i osiągnięcia prędkości przejściowych służą oporniki; kontaktów

opornikowych jest w połączeniu szeregowem 16, a równoległym 11, ogółem zaś na regulatorze wraz z przejściowymi i wstępnymi 32.

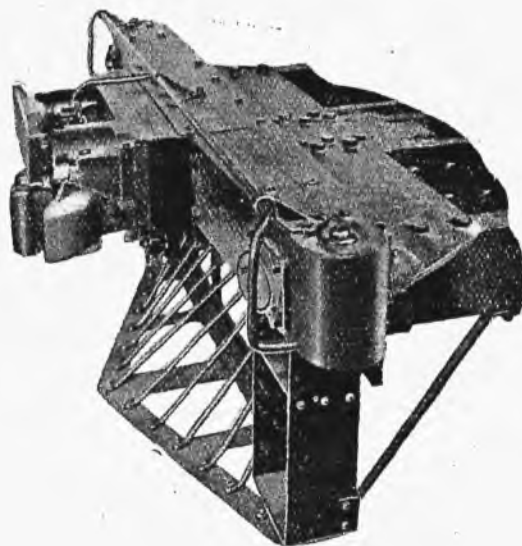
Kontaktery są elektropneumatyczne, t. j. poruszane sprężonym powietrzem, a sterowane prądem 125 voltów, otrzymywanym z małej przetwornicy, dostarczającej również prądu dla oświetlenia i ładowania baterji akumulatorów.



Rys. 171.

Motory, kontaktery, regulator i zbieracz prądu były już dokładniej opisane (str. 107 i 110—113 rys. 119-ty, 120-ty, 121-szy, 122-gi, str. 116—117 rys. 125 ty, 126-ty, 127-my i str. 130 rys. 142-gi i 143-ci). Oporniki metalowe ustawione są na izolatorach na podłodze wewnątrz pudła lokomotywy bliżej jego środka; w podłodze zrobione są otwory wentylacyjne, którymi wchodzi świeże powietrze zewnętrzne; powietrze nagrzane odprowadza 6 kominów z wentylatorami nad dach lokomotywy. Kontaktery zmontowane są na 4 ramach żelaznych i ustawione nad opornikami. Od przeciążenia i krótkich zwarć chronią lokomotywę samoczynne maksymalne wyłączniki z przekaźnikami, a pozątem bezpieczniki zamknięte w żelaznej szafce.

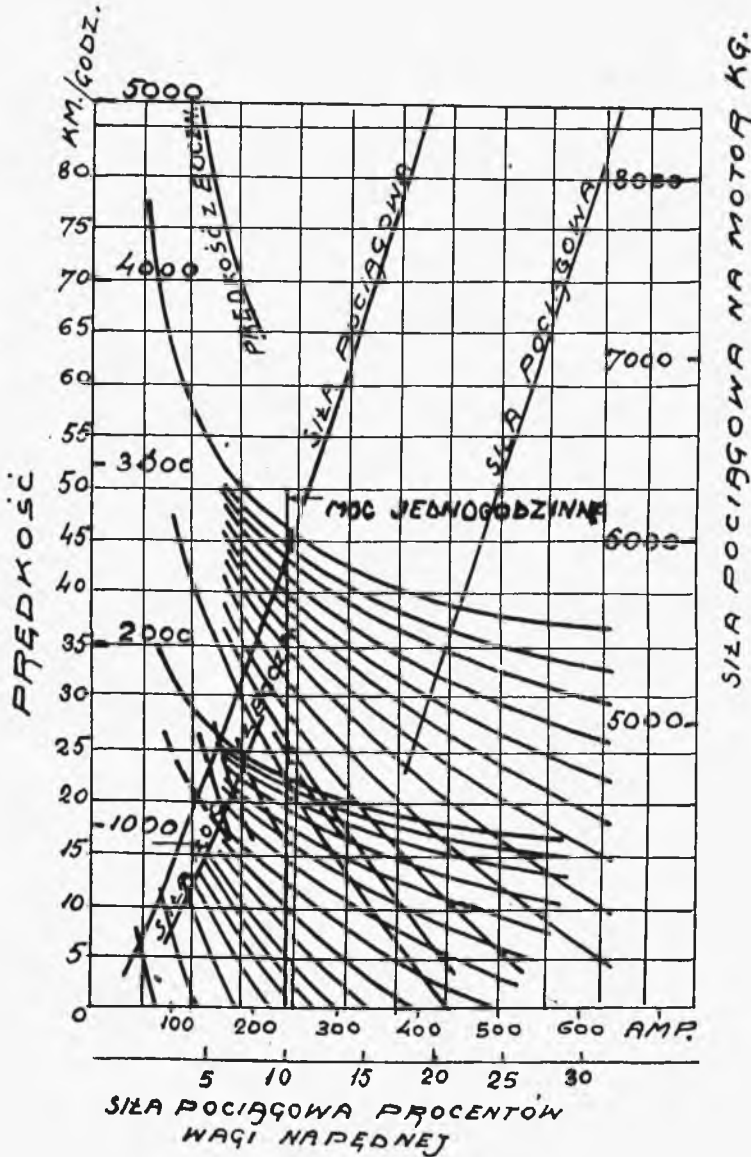
Kompresor napędzany przez 3000-voltowy motor dostarcza do 4 m<sup>3</sup> powietrza sprężonego dla hamulców, napędu kontaktorów i t. d.



Rys. 172.

Jako oświetlenie zewnętrzne służy silny reflektor, umieszczony na przodzie lokomotywy. W reflektorze umieszczona jest 34-voltowa 750 watt. metalówka ze skoncentrowanem światłem, dająca 1500 świec. Przetwornica oświetleniowa ma dwa pierścienie ślizgowe z odpowiednimi szczot-

kami, które dostarczają prądu zmiennego o napięciu około 96 voltów i 40—70 okresach, w zależności od szybkości przetwornicy; mały transformator obniża to napięcie i zasila lampkę w reflektorze.



Rys. 173.

Do ogrzewania pociągu służy pionowy kocioł opalany ropą; obok kotła umieszczone są zbiorniki na ropę i wodę wraz z pompami, napędzanymi przez oddzielne elektromotorki.

Obie połowy lokomotywy są zupełnie symetryczne i mogą w razie potrzeby pracować samodzielnie; wszystkie więc wyżej opisane przyrządy powtórzone są w drugiej połowie.

Lokomotywa towarowa może ciągnąć na pochyłości 10‰ pociąg o wadze 2250 ton z prędkością 26 km.g. oraz ruszyć z miejsca i przyspieszyć tenże pociąg na tej pochyłości.

Wykresy lokomotywy osobowej widzimy na rys. 173-cim.

## ROZDZIAŁ XVII.

### Sieć.

**1. Uwagi ogólne.** Obliczanie sieci dla kolei głównych, zasilanych prądem stałym, niczem się nie różni od obliczania sieci dla tramwajów i kolei dojazdowych, którego zasady poznaliśmy już w rozdziale VII. Mamy więc tu również do czynienia z siecią zasilającą i powrotną, złożoną z szyn i ewent. przewodów powrotnych, dalej z przewodami zasilającymi poszczególne dzielnice i przewodem roboczym; przewód ten może być zastąpiony trzecią szyną, co umożliwia znaczne powiększenie jego przekroju, a zatem zmniejszenie liczby punktów zasilających.

Aczkolwiek i przy prądzie zmiennym zasady obliczenia pozostają niezmiennie, to jednak trudno tu już mówić n. p. o sieci zasilającej i powrotnej. Dalej musimy się liczyć przy obliczeniach nie tylko z oporem omowym, ale również z oporem indukcyjnym, działaniem pojemności i wreszcie działaniami naskórkowymi, zwłaszcza przy szynach. Poza to mamy do czynienia z dwojaką siecią, a mianowicie siecią wysokiego napięcia, doprowadzającą prąd z elektrowni do transformatorów, ustawionych wzdłuż linii, i siecią niższego napięcia, doprowadzającą prąd od transformatorów do poszczególnych lokomotyw.

Wysokość napięcia, stosowanego dla przewodów zasilających wysokiego napięcia, zależna jest od miejscowych warunków, a zatem odległości od elektrowni, obciążenia przewodów i t. p. i wynosi zwykle 80000–100000 voltów. Ograniczeń tu niema innych, jak przy wszelkiej sieci wysokiego napięcia oświetleniowej czy też dla przesyłania siły. Sieć wtórna, czyli robocza, niższego napięcia, podzielona bywa zwykle ze względów bezpieczeństwa na poszczególne dzielnice od siebie izolowane i połączone przy pomocy wyłączników. Każda taka dzielnica zasilana jest oddzielnym transformatorem, czy też grupą transformatorów ustawionych obok siebie. Długość takich dzielnic, a zatem ilość transformatorów, zależna jest od wysokości napięcia wtórnego, obciążenia linii, obranego przekroju drutu roboczego i dopuszczalnych strat. Od

wielkości dzielnic i ich obciążenia zależne jest obciążenie przewodów zasilających.

Przy obliczeniu najlepiej jest wychodzić z pewnego obranego napięcia. Wysokość napięcia w drucie roboczym wynosi zwykle dla kolei głównych 15—16000 voltów. Drut roboczy miewa przekrój 85—120 mm., a maksymalna strata napięcia nie powinna przekraczać 18—20%. Znając rozkład jazdy i zużycie pracy każdego pociągu na całym przebiegu, można na podstawie tych danych obliczyć długość każdej dzielnicy, zasilanej jedną stacją transformatorową, obciążenie przewodów zasilających, straty energii i t. d. Pamiętać przytem należy, że im dłuższe są dzielnice, tem mniejsza staje się ogólna moc transformatorów. Objasni to najlepiej przykład.

Założmy, że na linii długości 100 km. chodzić ma 4 pociągi, zużywające każdy 1000 kw., a zatem ogółem 4000 kw. Jeżeli linję tę podzielimy na 5 dzielnic, to w każdej z nich może znaleźć się równocześnie 2 pociągi, transformatory muszą więc mieć moc 2000 kw. każdy, razem więc  $5 \times 2000 = 10000$  kw. Gdybyśmy tę samą linję podzielili tylko na 3 dzielnice, to każdy transformator musiałby mieć moc również 2000 kw., ogółem zaś tylko  $3 \times 2000 = 6000$  kw. Jak więc widzimy długie dzielnice pożądane są ze względów oszczędnościowych; naodwrot wymagają względy bezpieczeństwa niezbyt długich dzielnic, aby uszkodzenia sieci lub transformatorów można było możliwie umiejscowić, uszkodzoną zaś dzielnicę zasilac z dzielnic sąsiednich. Ogólne przepisy nie dadzą się tu zastosować, a wybór najodpowiedniejszych punktów zasilających musi być pozostawiony każdorazowo umiejętności projektującego.

Zwykle jednak nie bywają poszczególne dzielnice dłuższe, jak powyżej 60—70 km. Pamiętać też należy, że przekroje sieci dla prądu zmiennego nie zmniejszają się w porównaniu do tychże przekrojów dla prądu stałego w stosunku kwadratów napięcia, lecz znacznie mniej, a to tak skutkiem przesunięcia faz, jak i strat indukcyjnych. Tak n. p. oblicza prof. W. Kummer\*), że odległość podstacji dla prądu zmiennego ma się do tejże odległości dla prądu stałego przy jednakowych stratach i przekrojach sieci, jak 5 : 8. Pozatem zmusza czasami do zmniejszenia odległości między punktami zasilającymi względ na wpływ na sieci prądów słabych.

**2. Przewody zasilające.** Przewody zasilające oblicza się tak, jak wszelkie przewody wysokiego napięcia prądu zmiennego, podawanie więc tu szczegółowej teorii tych obliczeń byłoby zupełnie zbyteczne. Za-

---

\*) Die Energieverteilung für elektrische Bahnen.

znaczyć jednak należy, że wobec zmienności obciążeń nie chodzi tu zwykle o wielką dokładność, że więc posługiwać się można z powodzeniem metodami uproszczonemi, n. p. metodą podaną przez F. Neureitera dla przewodów nadziemnych \*).

F. Neureiter dochodzi do wniosku, że strata indukcyjna napięcia dla przewodów nadziemnych gołych, znajdujących się w normalnych warunkach, a zatem o średnicy 5—8 mm. i odległości między przewodami 400—1000 mm., wynosi na kilometr długości przewodnika i jeden amper natężenia prądu od 0,334 do 0,362 volta, średnio zatem 0,35 volta przy 50 okresach. Aby więc otrzymać stratę indukcyjną w voltach, wystarczy pomnożyć współczynnik 0,35 przez długość przewodów w kilometrach i natężenie prądu w amperach. Przy innej ilości okresów należy otrzymany wynik pomnożyć przez ilość okresów i podzielić przez 50.

Jeżeli więc mamy n. p. przesłać 5000 kw. na 100 km. przy napięciu 80000 voltów i  $16\frac{2}{3}$  okresach, a zatem natężenie prądu 62,5 amp., a biorąc pod uwagę przesunięcie faz  $\cos \varphi = 0,9$  około 70 amp., to spadek indukcyjny napięcia wyniesie:

$$\frac{0,35 \cdot 70 \cdot 200}{50} \cdot 16\frac{2}{3} = 1633 \text{ voltów.}$$

Dla dokładniejszych obliczeń podaje F. Neureiter tablicę, w której znaleźć można indukcyjny spadek napięcia na kilometr i jeden amper przy 50 okresach dla różnych średnic przewodnika i różnych odległości przewodników od siebie. Tablicę tę poniżej przytaczamy.

Oznaczywszy przez  $e_i$  stratę napięcia indukcyjną, a przez  $e_r$  stratę napięcia omową, przez  $E_1$  napięcie na końcu przewodów zasilających, otrzymamy napięcie na szynach zbiorczych (na początku przewodu zasilającego) dla obciążenia bezindukcyjnego ze znanego wzoru:

$$E_0 = \sqrt{(E_1 + e_r)^2 + e_i^2}.$$

Dla obciążenia indukcyjnego mamy już na początku przewodu przesunięcie faz, spowodowane indukcją odbiorników =  $\varphi$ . Wtedy:

$$E_0 = \sqrt{(E_1 \cos \varphi + e_i)^2 + (E_1 \sin \varphi + e_r)^2}.$$

**3. Sieć robocza.** Obliczenie sieci roboczej jest już znacznie bardziej złożone. Sieć składa się tu z drutu roboczego oraz dwu szyn, połączonych równolegle ze sobą, względnie przy linii dwutorowej, z dwu drutów roboczych i 4 szyn. W szynach występują znaczne działania naskórkowe, których nieuwzględniać nie można.

\*) F. Neureiter „Die Verteilung der elektrischen Energie“ Leipzig 1903.



Tablica indukcyjnego oporu przewodów zasilających na kilometr.

$r_1 = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L \cdot 10^{-4}$  dla ilości okresów  $f = 50$ .

Średnica w mm.	Odległość między drutami w mm.															
	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000
3	0,337	0,348	0,359	0,365	0,375	0,380	0,387	0,392	0,397	0,402	0,407	0,410	0,413	0,417	0,421	0,424
3,5	0,328	0,339	0,348	0,357	0,364	0,371	0,377	0,382	0,387	0,392	0,397	0,400	0,405	0,408	0,411	0,414
4	0,319	0,331	0,340	0,348	0,356	0,364	0,369	0,374	0,378	0,384	0,388	0,393	0,396	0,400	0,403	0,405
4,5	0,311	0,323	0,332	0,341	0,348	0,355	0,361	0,366	0,372	0,376	0,381	0,384	0,389	0,392	0,395	0,399
5	0,305	0,316	0,326	0,334	0,341	0,348	0,354	0,360	0,365	0,369	0,374	0,378	0,381	0,386	0,389	0,392
5,5	0,299	0,311	0,320	0,327	0,336	0,342	0,348	0,354	0,360	0,364	0,368	0,372	0,376	0,379	0,383	0,386
6	0,294	0,305	0,315	0,323	0,330	0,337	0,342	0,348	0,353	0,359	0,362	0,366	0,370	0,374	0,377	0,380
6,5	0,289	0,300	0,310	0,318	0,324	0,332	0,337	0,343	0,348	0,353	0,357	0,361	0,365	0,369	0,372	0,375
7	0,284	0,295	0,305	0,314	0,320	0,328	0,333	0,339	0,343	0,348	0,353	0,357	0,360	0,364	0,367	0,371
7,5	0,280	0,291	0,301	0,308	0,316	0,322	0,329	0,334	0,340	0,344	0,348	0,352	0,356	0,360	0,363	0,366
8	0,276	0,288	0,297	0,305	0,311	0,319	0,325	0,331	0,335	0,340	0,344	0,348	0,352	0,356	0,359	0,362
8,5	0,272	0,283	0,293	0,301	0,308	0,316	0,322	0,327	0,332	0,336	0,341	0,344	0,348	0,352	0,355	0,358
9	0,268	0,280	0,289	0,298	0,305	0,311	0,318	0,323	0,328	0,332	0,337	0,341	0,345	0,348	0,352	0,355
9,5	0,265	0,276	0,286	0,294	0,301	0,308	0,314	0,321	0,325	0,329	0,334	0,338	0,342	0,345	0,348	0,352
10	0,262	0,273	0,283	0,290	0,298	0,305	0,311	0,316	0,322	0,326	0,330	0,334	0,338	0,342	0,345	0,348
11	0,256	0,266	0,276	0,285	0,293	0,299	0,305	0,311	0,315	0,320	0,325	0,329	0,333	0,336	0,339	0,343
12	0,251	0,262	0,271	0,280	0,287	0,294	0,300	0,305	0,310	0,315	0,320	0,323	0,328	0,331	0,334	0,337

Działania naskórkowe zależne są tak od natężenia prądu i ilości okresów, jak również od magnetycznych własności materiału szynowego (przenikliwości), przekroju szyny i jej kształtu i rosną w miarę zwiększenia prądu, ilości okresów, przekroju szyny i przenikliwości magnetycznej materiału szynowego.

Aczkolwiek dokonano wiele prób i pomiarów dla określenia działań naskórkowych w szynach, to jednak wyniki i dane, jakie znaleźć można w fachowej literaturze są tak różne i często sprzeczne, że przyznać należy, iż do dziś dnia nie znamy sposobu ścisłego obliczenia działań naskórkowych i zadowolić się musimy metodami przybliżonemi.

Bardzo liczne próby i doświadczenia tak laboratoryjne, jak i na sieci kolei elektrycznej Marienfelde—Zossen wykonał L. Lichtenstein. \*) Niestety jednak L. Lichtenstein nie uwzględnił przytem wpływu kształtu szyn, robiąc swe doświadczenia zawsze na jednym profilu szyn, wpływ zaś ten może czasami być bardzo znaczny.

Przenikliwość magnetyczna przewodników żelaznych nie jest bynajmniej wielkością stałą, lecz przeciwnie wysoce zmienną, gdyż prąd nie rozkłada się równomiernie na całym przekroju przewodnika, lecz bywa poniekąd wypierany na zewnątrz tak, że gęstość prądu staje się blisko powierzchni znacznie większa, jak w środku.

Oznaczywszy przez:

$I$  = prąd w amperach,       $\mu$  = przenikliwość magnetyczna,  
 $\rho$  = odległość między przewodnikiem miedzianym a żelaznym  
w centymetrach,

$R$  = promień przekroju przewodnika żelaznego, względnie, jeżeli  
przewodnik ma przekrój nie okrągły, to promień przewod-  
nika okrągłego o równym przekroju,

$r$  = promień przekroju przewodnika miedzianego,

$l$  = długość przewodnika w kilometrach,

$W_k$  = opór przewodnika miedzianego dla prądu zmiennego,

$W_l$  = opór przewodnika żelaznego dla prądu zmiennego

i wychodząc z wzoru:

$$E_1 = I \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot \frac{1}{2} \left( 1 + \mu + 4 \log. \text{nat.} \frac{(\rho - R)(\rho - r)}{R \cdot r} \right) l \cdot 10^{-8}$$

dla składnika bezwattowego napięcia,

$$E_0 = E \cdot \cos \varphi = I \cdot (W_k + W_l) \quad \text{dla składnika wattowego;}$$

obliczył L. Lichtenstein wartości  $\mu$  przy 25 okresach i otrzymał:

$$\mu = 38,4 - 54,$$

\*) Elektrotechnische Zeitschrift 1907, str. 620 i 646.

podczas kiedy próby magnetyczne dały przy tym samym prądzie wartości do 1200. L. Lichtenstein wprowadza przeto pojęcie przenikliwości równoznacznej.

Przy szynach typu Vignol o przekroju 5160 mm.<sup>2</sup>, 25 okresach i natężeniu prądu do 120 amp. znalazł L. Lichtenstein jako stosunek „k“ oporu prądu zmiennego do oporu dla prądu stałego, wartości 2,77—3,76. Przy 18 okresach wartość tego stosunku wynosi 2,38 - 2,93.

Podobne próby wykonał w latach 1914—1916 A. E. Kenelly i znalazł przy prądach, dochodzących do 800 amp. i 25 okresach wartości znacznie większe, bo 5,35—10,1.

Podług A. E. Kenelly'ego przewodnictwo szyn dla prądu zmiennego przy ilości okresów 25—60 jest odwrotnie proporcjonalne do pierwiastka kwadratowego z ilości okresów, a przy danej ilości okresów wprost proporcjonalne do obwodu przekroju szyny i pierwiastka kwadratowego stosunku przewodnictwa szyny (prąd stały) do jej przenikliwości.

Znając wymiary szyny, można, podług Kenelly'ego, obliczyć z dostateczną dokładnością jej opór dla prądu zmiennego, wychodząc z przewodnictwa i przenikliwości dla prądu stałego. Kenelly wprowadza zatem współczynnik poprawkowy, uwzględniający kształt przekroju szyny; współczynnik ten nie przekracza wielkości 1,3.

Widzimy tu znowu sprzeczność z wynikami obliczeń Lichtensteina, podług którego opór zależny jest od natężenia prądu („k“ rośnie z prądem); Kenelly o takiej zależności nie wspomina

Uzupełniając i rozszerzając wywody Sunnec'a\*), podaje G. Huld-schiner\*\*) sposób obliczenia całkowitej straty napięcia w sieci kolejowej. Podług Sunnec'a wynosi indukcja przewodnika na drugi przewodnik równoległy i znajdujący się w odległości  $x_1$ , czyli współczynnik wzajemnej indukcji dwu przewodników:

$$\int_{-1/2}^{1/2} \int_x^{\infty} H dx dy =$$

$$1) \quad = 2 \cdot l \left( \log. \text{ nat. } \frac{2 \cdot l}{x} - 1 \right).$$

Wzór ten można również stosować dla obliczenia indukcji przewodnika okrągłego o przenikliwości 1 na siebie samego, czyli współczynnika samoindukcji. Jako wartość  $x_1$  nie można jednak wtedy użyć ani wielkości  $R$ , t. j. promienia przewodnika, ani też 0,

\*) Elektrotechnische Zeitschrift, 1906, str. 1175.

\*\*) Elektrotechnische Zeitschrift, 1910, zesz. 48.

gdyż w pierwszym wypadku nie uwzględnilibyśmy pola w przewodniku, a w drugim tego, że wewnątrz przewodnika znajdują się linje sił, związane tylko z częścią prądu całkowitego, objętą przez nie. Należy przeto wziąć za  $x_1$  jakąś wartość  $R_0$ , zawartą pomiędzy 0 a  $R$ .

Wartość  $R_0$  możemy obliczyć na zasadzie tego, że zewnętrzne pole, jakie sobie wyobrażamy pomiędzy  $R_0$  a  $R$  musi tyle samo przyczyniać się do indukcji, jak rzeczywiste pole wewnętrzne pomiędzy 0 a  $R$ :

$$R_0 = \frac{R}{e^{\frac{1}{2}\mu}} = 0,7788 \cdot R;$$

$R_0$  nazywamy podług Maxwella „odległością przekroju od siebie samego”.

Wstawisz tę wartość, otrzymamy do współczynnika samoindukcji:

$$2) \quad 2 \cdot l \left( \log. \text{ nat. } \frac{2 \cdot l}{0,7788 \cdot R} - 1 \right).$$

Wzory powyższe ważne są tylko dla przenikliwości  $\mu = 1$ .

Dla szyn żelaznych i stalowych przenikliwość nie jest = 1, musimy zatem wzory te przekształcić. Ponieważ kształt przekroju ma, zdaniem Huldshinera, niewielki tylko wpływ na przenikliwość, przeto można zamiast przekroju rzeczywistego wprowadzić przekrój okrągły o tej samej powierzchni i jego promień  $R$ . Odległość przekroju od siebie samego wynika znowu z założenia, że zewnętrzne pole pomiędzy  $R_0$  i  $R$  musi być równe polu wewnętrznemu. Siła pola zewnętrznego wynosi, jak wiadomo:

$$\int_{R_0}^R \frac{2}{x} dx = 2 \log. \text{ nat. } \frac{R}{R_0},$$

wewnętrzne pole w przewodniku o równoważnej przenikliwości  $\mu$  wynosi:

$$\int_{R_0}^R \frac{2}{x} \left( \frac{x}{R} \right)^{\frac{1}{2}\mu} \cdot dx = \frac{1}{2} \mu,$$

przeto musi być:

$$2 \log. \text{ nat. } \frac{R}{R_0} = \frac{1}{2} \mu; \quad R_0 = \frac{R}{e^{\frac{\mu}{4}}},$$

a stąd współczynnik samoindukcji szyny:

$$3) \quad L = 2 \cdot l \left( \log. \text{ nat. } \frac{2l}{R} - 1 \right) = 2l \left( \log. \text{ nat. } \frac{2l}{R} + \frac{\mu}{4} - 1 \right).$$

Indukcyjny spadek napięcia na kilometr w voltach przy prądzie  $I$  w amperach w przewodniku otrzymamy, mnożąc wzór 2) przez:

$$2 \cdot \pi \cdot f \cdot I \cdot 10^{-4}, \quad \text{a zatem:}$$

$$2 \cdot \pi \cdot f \cdot I \cdot \frac{2}{10^4} \left( \log. \text{ nat. } \frac{2 \cdot l}{R_0} - 1 \right).$$

Indukcyjny spadek napięcia w voltach skutkiem wzajemnej indukcji drugiego przewodnika przeciągniętego w odległości  $D$ , będzie na kilometr:

$$2 \cdot \pi \cdot f \cdot I \cdot \frac{2}{10^4} \left( \log. \text{ nat. } \frac{2 \cdot l}{D} - 1 \right).$$

Całkowita strata napięcia w układzie kilku przewodników, przez które przepływają prądy  $I_1, I_2, I_3, I_4$ , wynosi w voltach na kilometr:

$$\begin{aligned} 4) \quad \varepsilon_{\delta} = & 2 \cdot \pi \cdot f \cdot I_1 \cdot \frac{2}{10^4} \left( \log. \text{ nat. } \frac{2 \cdot l}{R} - 1 \right) + \\ & + 2 \cdot \pi \cdot f \cdot I_2 \cdot \frac{2}{10^4} \left( \log. \text{ nat. } \frac{2 \cdot l}{D_{12}} - 1 \right) + \\ & + 2 \cdot \pi \cdot f \cdot I_3 \cdot \frac{2}{10^4} \left( \log. \text{ nat. } \frac{2 \cdot l}{D_{13}} - 1 \right) + \\ & + 2 \cdot \pi \cdot f \cdot I_4 \cdot \frac{2}{10^4} \left( \log. \text{ nat. } \frac{2 \cdot l}{D_{14}} - 1 \right). \end{aligned}$$

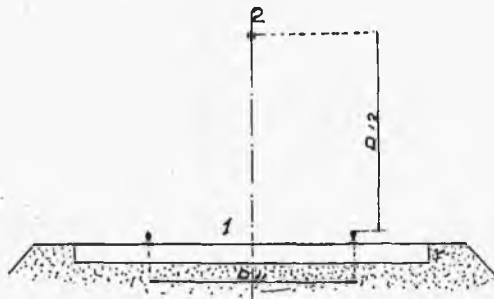
$D_{12}, D_{13}, D_{14}$  oznaczają odległości wzajemne przewodników, mierzone w centymetrach. Huldshiner wyprowadza dalej z wyników prób Lichtensteina empiryczne wzory dla określenia równoważnej przenikliwości i działań naskórkowych, a mianowicie:

$$\mu = 25 - \frac{f}{2,8}, \quad r_{sk} = \frac{f \cdot q}{1,4 \cdot 10^4} \text{ omów;}$$

$q$  = przekrój szyny w cent. kwadr.

Przy szynach normalnych od 20 do 50 kg. na metr bieżący i normalnych natężeniach prądu, wzory te dają wyniki dość dokładne i zgodne z wynikami pomiarów.

Przy jednotorowej linii kolejowej i prądzie zmiennym jednofazowym mamy układ, jak na rys. 174-tym.



Rys. 174.

Przewodnik 1 składa się z dwu szyn połączonych równolegle, przewodnik 2 stanowi drut roboczy o promieniu  $R_2$ . Promień równoważny szyn jest  $R_1$ . W każdej szynie płynie połowa prądu całkowitego  $I_1$ ; prąd w drucie roboczym  $I_2$  jest w każdej chwili  $= -I_1$ .

Indukcyjna strata napięcia w szynach wynosi na kilometr:

$$\varepsilon_{\delta 1} = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot \frac{2}{10^4} \left[ \frac{I_1}{2} \left( \log. \text{ nat. } \frac{2 \cdot l}{R_{01}} - 1 \right) + \frac{I_1}{2} \left( \log. \text{ nat. } \frac{2 \cdot l}{D_{11}} - 1 \right) + I_2 \left( \log. \text{ nat. } \frac{2 \cdot l}{D_{12}} - 1 \right) \right];$$

$$R_{01} = \frac{R_1}{e^{\frac{\mu}{4}}}.$$

Strata napięcia indukcyjna w drucie roboczym wynosi na kilometr:

$$\varepsilon_{\delta 2} = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot \frac{2}{10^4} \left[ I_2 \left( \log. \text{ nat. } \frac{2 \cdot l}{0,78 \cdot R_2} - 1 \right) + \frac{I_1}{2} \left( \log. \text{ nat. } \frac{2 \cdot l}{D_{12}} - 1 \right) + \frac{I_1}{2} \left( \log. \text{ nat. } \frac{2 \cdot l}{D_{12}} - 1 \right) \right].$$

Całkowita strata indukcyjna napięcia w obwodzie 1—2 na kilometr wynosi:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{\delta 1} + \varepsilon_{\delta 2} = & 2 \cdot \pi \cdot f \cdot \frac{2}{10^4} \left[ \frac{I_1}{2} \left( \log. \text{ nat. } \frac{2 \cdot l}{R_1} + \frac{\mu}{4} - 1 \right) + \right. \\ & + \frac{I_1}{2} \left( \log. \text{ nat. } \frac{2 \cdot l}{D_{10}} - 1 \right) + I_2 \left( \log. \text{ nat. } \frac{2 \cdot l}{D_{12}} - 1 \right) + \\ & + I_2 \left( \log. \text{ nat. } \frac{2 \cdot l}{0,78 \cdot R_2} - 1 \right) + \frac{I_1}{2} \left( \log. \text{ nat. } \frac{2 \cdot l}{D_{12}} - 1 \right) + \\ & \left. + \frac{I_1}{2} \left( \log. \text{ nat. } \frac{2 \cdot l}{D_{12}} - 1 \right) \right]. \end{aligned}$$

Ponieważ  $I_1 = -I_2 = I$ , po wstawieniu tych wartości, dokonaniu przekształceń i uproszczeń znika wartość  $l$  i pozostaje\*):

$$\begin{aligned} \varepsilon_{\delta 12} = & \frac{4 \cdot \pi \cdot f \cdot I}{10^4} \left( -\frac{1}{2} \log. \text{ nat. } R_1 + \frac{\mu}{8} - \frac{1}{2} \log. \text{ nat. } D_{11} + \right. \\ & + \log. \text{ nat. } D_{12} - \log. \text{ nat. } 0,78 R_2 + \frac{1}{2} \log. \text{ nat. } D_{12} + \frac{1}{2} \log. \text{ nat. } D_{12} \Big) = \\ 5) \quad = & \frac{4 \cdot \pi \cdot f \cdot I}{10^4} \left( \log. \text{ nat. } \frac{D_{12}^2}{\sqrt{R_1 \cdot D_{11} \cdot 0,78 \cdot R_2}} + \frac{\mu}{8} \right). \end{aligned}$$

\*)  $\left( \log. \frac{a}{b} = \log. a - \log. b, \quad 2 \log. a = \log. a^2 \right).$

Do tej straty indukcyjnej napięcia dochodzi strata napięcia omowa; strata ta składa się z następujących części:

Opór dla prądu stałego obu równolegle połączonych szyn =  $r_1$  omów.

Działania naskórkowe w obu równolegle połączonych szynach podług poprzednio podanego wzoru doświadczalnego =  $\frac{1}{2} \frac{f \cdot q}{1,4 \cdot 10}$  omów.

Omowy opór drutu roboczego (bez uwzględnienia działania naskórkowego, które tu jest słabe) =  $r_2$  omów.

Strata napięcia omowa wynosi więc:

$$6) \quad \epsilon_{\delta_{12}} = I \cdot \left( r_1 + r_2 + \frac{q \cdot f}{2 \cdot 1,4 \cdot 10^4} \right) \text{ voltów.}$$

Oba te napięcia są do siebie prostopadłe, rzeczywista zaś strata napięcia stanowi ich wynikową.

Rozpatrując wzory 5) i 6), widzimy, że strata napięcia jest proporcjonalna do prądu  $I$  i rośnie szybko ze zwiększeniem ilości okresów; znaczny wpływ na straty wywiera opór omowy drutu roboczego  $r_2$ ; strata omowa w szynach jest zwykle mała wobec małej wartości  $r_1$ . Zwiększając przekrój szyn, zmniejszamy wprowadzie  $r_1$ , ale za to zwiększamy

działanie naskórkowe:  $\frac{f \cdot q}{2 \cdot 1,4 \cdot 10}$ .

Równoważny promień przekroju szyn  $R_1$  mało tylko wpływa na straty, gdyż występuje we wzorze 5) pod pierwiastkiem i w nat. logarytmie.

Wynika z tego, że przekrój szyn mało tylko wpływa na stratę całkowitą i że strata ta pozostaje prawie stała tak przy małym, jak i wielkim przekroju szyn, o ile inne warunki nie zostaną zmienione. Tak n. p. zmiana profilu szyn z 20 kg. na metr na 46 kg. na metr wywołuje zmianę w stracie napięcia zaledwo 2%.

Odległości  $D_{12}$  drutu roboczego od szyn i  $D_{11}$  szyn od siebie nie wywierają również znacniejszego wpływu na straty, gdyż występują tylko w nat. logarytmach; pozatem wielkości te zmieniają się tylko nieznacznie. Przy danem natężeniu prądu i ilości okresów jest więc strata napięcia głównie zależna od przekroju drutu roboczego (podobnie, jak przy prądzie stałym).

Wobec tego posługiwanie się zawiłymi wzorami bywa zwykle zupełnie zbyteczne i wystarcza ustalenie pewnych średnich wartości dla  $r_1$ ,  $q$ ,  $R_1$ ,  $D_{11}$  i  $D_{12}$ .

Jako takie przyjmuje G. Huldschiner:

$$\left. \begin{aligned} r_1 &= 0,02 \text{ omy na kilometr toru} \\ q &= 41,5 \text{ cm.} \\ R_1 &= 3,64 \text{ „} \\ D_{11} &= 143,5 \text{ „} \\ D_{12} &= 600 \text{ „} \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \text{szyny wagi około} \\ 32 \text{ kg. na m.} \end{array}$$

i oblicza stratę napięcia na kilometr linii i 1 amp. dla 0, 15, 25, 35 i 50 okresów oraz przekroju drutu roboczego 50, 60, 80 i 100 mm., zestawiając wyniki w tablicy.

Z tablicy widzimy, że zwiększenie przekroju drutu roboczego zmniejsza straty znacznie mniej, jak przy prądzie stałym, i to tem mniej, im większa jest ilość okresów. Ilość okresów 0 odpowiada oczywiście prądowi stałemu.

**Strata napięcia na kilometr linii i 1 amper.**

Ilość okresów	Przekrój drutu roboczego mm. <sup>2</sup>			
	50	60	80	100
0	0,39	0,33	0,26	0,21
15	0,46	0,42	0,36	0,33
25	0,57	0,53	0,48	0,45
35	0,68	0,64	0,60	0,58
50	0,85	0,82	0,79	0,76

Tablica daje się również stosować, jeżeli zamiast jednego drutu roboczego są dwa druty o jednakowym przekroju, a także w przybliżeniu w razie umieszczenia obok linii, n. p. na słupach, przewodu wzmacniającego, oraz dla linii dwutorowych.

Przykład :

Linja jednotorowa, prąd 50 amp., ilość okresów 15, przekrój drutu roboczego 100 mm.<sup>2</sup>, przekrój szyny  $q_1 = 5000 \text{ mm.}^2$ , opór szyn na kilometr 0,016 oma,  $R_1 = 4,0$ ,  $D_{11} = 143,5$ ,  $D_{12} = 600$ , opór drutu roboczego  $r_2 = 0,1745 \text{ oma}$ ,  $R_2 = 0,567$ .

Przenikliwość równoważna podług wzoru doświadczalnego :

$$\mu = 25 - \frac{15}{2,8} = 16,08.$$



Strata napięcia indukcyjna:

$$\frac{4 \cdot 3,14 \cdot 15 \cdot 50}{10000} \left( \log. \text{ nat. } \frac{600}{\sqrt{4 \cdot 143,5 \cdot 0,78 \cdot 0,567}} + \frac{16,06}{8} \right) = 10,6 \text{ voltów.}$$

Strata napięcia omowa:

$$50 \cdot \left( 0,1745 + 0,016 + \frac{50 \cdot 15}{2 \cdot 1,4 \cdot 10^4} \right) = 10,865 \text{ voltów.}$$

Strata całkowita:

$$\sqrt{10,6^2 + 10,865^2} = 15,13 \text{ voltów na kilometr.}$$

Stosując tablicę, otrzymalibyśmy:

$$0,33 \cdot 50 = 16,5 \text{ voltów na kilometr.}$$

Wobec niestałości obciążeń, z jaką mamy zawsze do czynienia przy kolejach, jestto dokładność zupełnie wystarczająca.

**4. Budowa sieci.** Sposoby zawieszenia sieci roboczej, jakie poznaliśmy już w części III-ciej tego dzieła, powszechnie używane i doskonale działające przy tramwajach i kolejkach o małej prędkości, są zupełnie nieodpowiednie dla kolei głównych. Większe prędkości, wyższe napięcia i znaczne natężenia prądów wymagają tu zupełnie innych konstrukcji. Praktyka dowiodła, że kontakt pomiędzy drutem roboczym, zawieszonym zwykłym sposobem, a zbieraczem prądu, staje się wadliwy przy większych prędkościach. W miejscach zawieszenia drutu roboczego powstają zawsze skutkiem zwisu pewne załamania drutu, tem większe, im większy jest zwis. Te właśnie załamania stanowią przerwę w ciągłości styku i powodują silne iskrzenia. Sposoby izolowania stosowane przy sieciach tramwajowych ograniczają wysokość napięcia roboczego najwyżej do 2000 voltów, rozpiętości zaś nie mogą być większe, jak 35—40 m., wyjątkowo tylko nieco więcej, do 60 m. Tam więc, gdzie idzie, jak przy kolejach, o znaczniejsze prędkości, wyższe napięcia i większe rozpiętości, tam należy stosować inne zawieszenia, usuwające te niedogodności.

Zawieszenia takie, znane pod nazwą zawieszzeń **łańcuchowych** lub **wielokrotnych**, polegają w zasadzie na tem, że drut roboczy nie jest zawieszony bezpośrednio na drutach poprzecznych lub wysięgach, lecz na pomocniczej linii stalowej, zwanej liną nośną, która dopiero opiera się na wysięgach lub wisi na drutach poprzecznych. Zawieszając drut roboczy gęsto na linii nośnej i dostosowując długość zawieszzeń do zwisu liny nośnej, osiąga się bardzo mały zwis drutu roboczego, czyli prawie zupełnie równoległe jego położenie do szyn. Drut roboczy nie bywa przytem izolowany od liny nośnej, ale dopiero ta ostatnia od

slupów. Izolatory więc, nie narażone na mechaniczne wstrząśnienia i uszkodzenia, mogą być wykonane z dowolnego materiału, n. p. porcelany jak zwykle izolatory, co pozwala na stosowanie znacznie wyższych napięć, n. p. do 16000 voltów.

Wystarcza też zupełnie izolacja pojedyncza, jak przy zwykłych sieciach elektrycznych, a jeżeli jednak i tu stosowana bywa często izolacja podwójna, to tylko ze względu na bezpieczeństwo ruchu; uszkodzenie izolatora nie pociąga wtedy za sobą żadnych złych skutków i może być pomiarami łatwo wykryte, podczas kiedy uszkodzenie takie powodowałoby przy izolacji pojedynczej znaczny upływ prądu, względnie krótkie zwarcie i przerwę w ruchu.

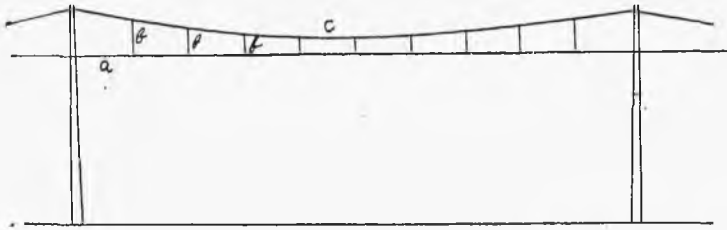
Zawieszenie łańcuchowe zapewnia, jak widzieliśmy, prawie zupełną równoległość drutu roboczego i szyn, ale tylko przy pewnej, ściśle określonej temperaturze. Wraz ze zmianą temperatury zmienia się i zwis liny nośnej, a wraz z nim i wysokość drutu roboczego nad szynami. Zapobiec temu można w teorii całkowicie, utrzymując w linie nośnej i drucie roboczym stałe i od temperatury niezależne naprężenie, co da się osiągnąć n. p. nie zamocowując obu końców na stałe, lecz obciążając jeden z nich ciężarem odpowiednim dożądanego naprężenia.

W Ameryce nie przywiązują fachowcy większej wagi do konieczności utrzymania ścisłej równoległości i nie stosują prawie nigdy takiego samoczynnego regulowania, kładąc natomiast nacisk na możliwie elastyczne zawieszenie i unikanie ostrych załamania w drucie roboczym. Że zapatrywanie to nie jest pozbawione słuszności, tego dowodzi fakt, że liczne w ten sposób wykonane sieci, jak n. p. kolei Chicago Milwaukee and St. Paul o prądzie stałym 3000 voltów, lub New York New Haven and Hartford o prądzie zmiennym 12000 voltów, pracują doskonale i nie dają żadnych iskrzeń, nawet przy prędkościach ponad 100 km. g. i wielkich natężeniach prądu. Natomiast w Europie były dotychczas zawsze stosowane różne rodzaje samoczynnej regulacji, a dopiero w ostatnich czasach zaczęto we Francji skłaniać się ku zapatrywaniom Amerykan.

Rozróżniać więc musimy przedewszystkiem dwa rodzaje zawieszeń łańcuchowych, a mianowicie: zawieszenia bez samoczynnego regulowania naprężenia i zawieszenia z samoczynnem regulowaniem naprężenia.

**5. Systemy bez samoczynnego regulowania.** Najprostsze zawieszenie łańcuchowe widzimy na rys. 175-tym.

Do liny stalowej lub brązowej *C* przytwierdzone są druty stalowe *b b*, podtrzymujące drut roboczy *a*; odstępy pomiędzy drutami *b b* wynoszą 3—10 m. Lina nośna może być przymocowana jużto do wysięgów, (przy linii jednotorowej), jużto do drutów poprzecznych, przecigniętych



Rys. 175.

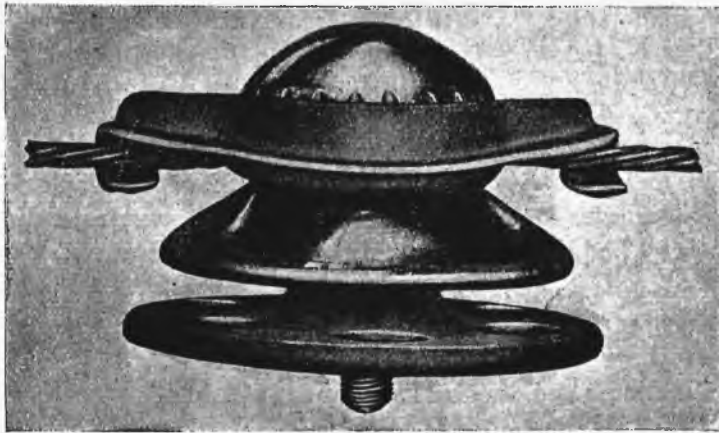
między dwoma słupami. Zamiast drutów poprzecznych stosowane też bywają belki, czyli jarzma tak, że powstaje rodzaj bram.

Przy budowie z wysięgami lina nośna leży na izolatorach w rodzaju izolatora, rys. 176-ty, ustawionych na wysięgach.

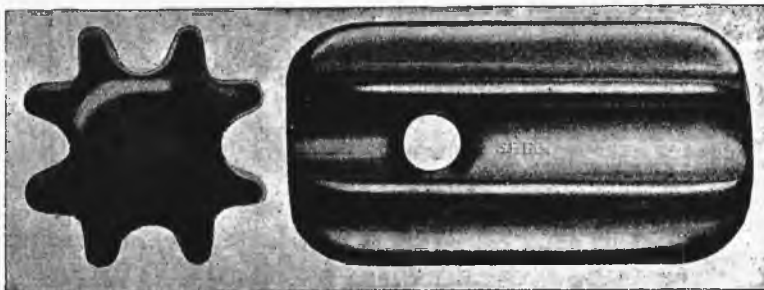
Przy zastosowaniu drutów poprzecznych można izolację umieścić jużto w punkcie



Rys. 176.

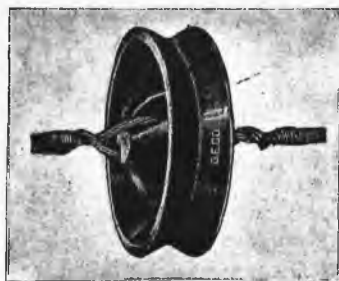


Rys 177.



Rys. 178.

zawieszenia liny nośnej, stosując porcelanowe izolatory w rodzaju rys. 177-go, jużto izolować drut poprzeczny przy pomocy specjalnych izolatorów.

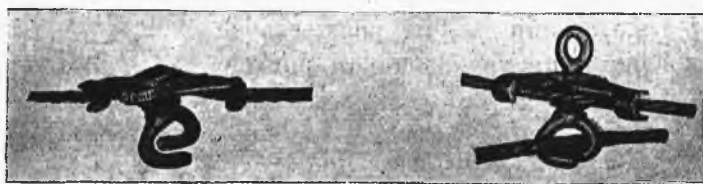


Rys. 179.

Izolator taki dla napięć do 3000 v. widzimy na rys. 178-ym, dla wyższych zaś napięć, do 16000 v., na rys. 179-ym.

Do zawieszenia liny nośnej służą wtedy zawieszenia w rodzaju rys. 180-go.

Zawieszenia drutu roboczego *a a*, rys. 175-ty, bywają różne. Rzecz tu idzie o zachowanie jaknajwiększej elastyczności, przy równoczesnem umożliwieniu przesuwania się zawieszenia na lince nośnej w kierunku podłużnym.



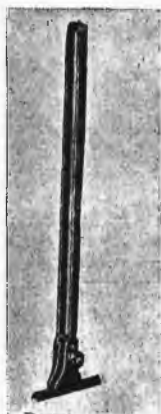
Rys. 180.

Bardzo dobre są wieszaki, rys. 181-szy i 182-gi, składające się z odpowiedniego zacisku dla drutu roboczego oraz pierwszy z pentlicy z płaskiego żelaza  $\frac{5}{8}$ "  $\times$   $\frac{1}{8}$ ", a drugi z takiejże pentlicy z drutu stalowego  $\frac{1}{4}$ ".

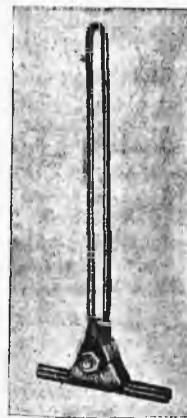
Na łukach oraz przy wielkich rozpiętościach musi być drut roboczy utrzymywany w należytem położeniu niezależnie od liny nośnej; służą do tego specjalne odciągi, jak na rys. 183-im, lub też, w razie zastosowania przeciwkrzywej, jak na rys. 184-ym, podwójne odciągi, rys. 185-ty.

Normalne zakotwienie widzimy na rys. 186-ym.

Widoczne na rysunku doprzężniki pozwalają regulować napięcie tak w lince nośnej, jak i w drucie roboczym. Zakotwienie takie zastępuje równocześnie izolator sekcyjny, dzieląc linję na dwie niezależne dzielnice; izolację stanowi tu powietrze.

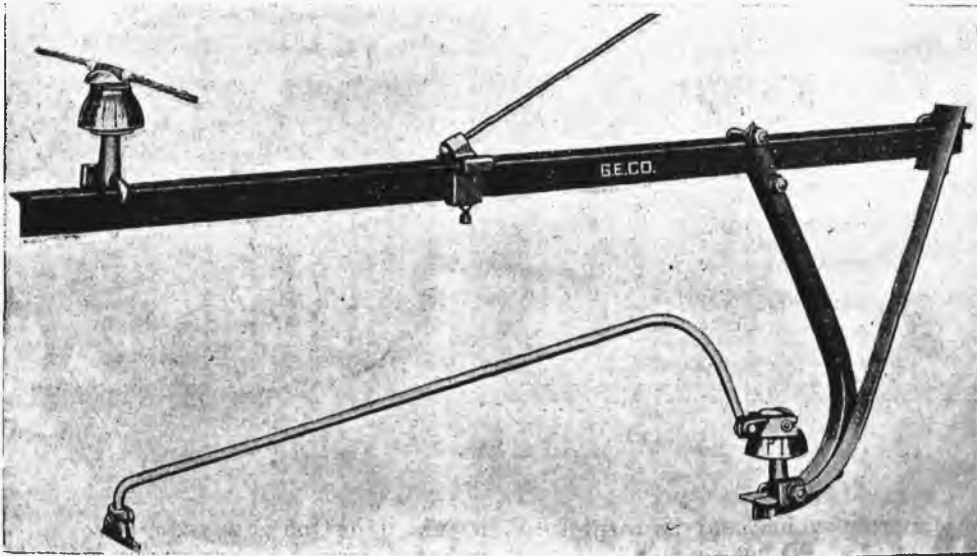


Rys. 181.



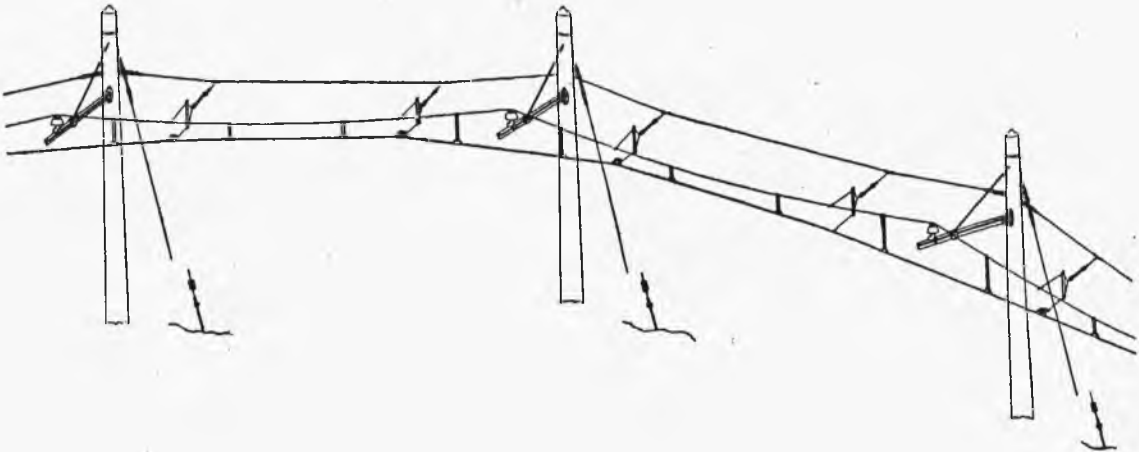
Rys. 182.

Dla rozpiętości większych, dochodzących do 100 m., stosowane bywa zawieszenie podwójne, polegające na tem, że na głównej linii nośnej zawie-



Rys. 183.

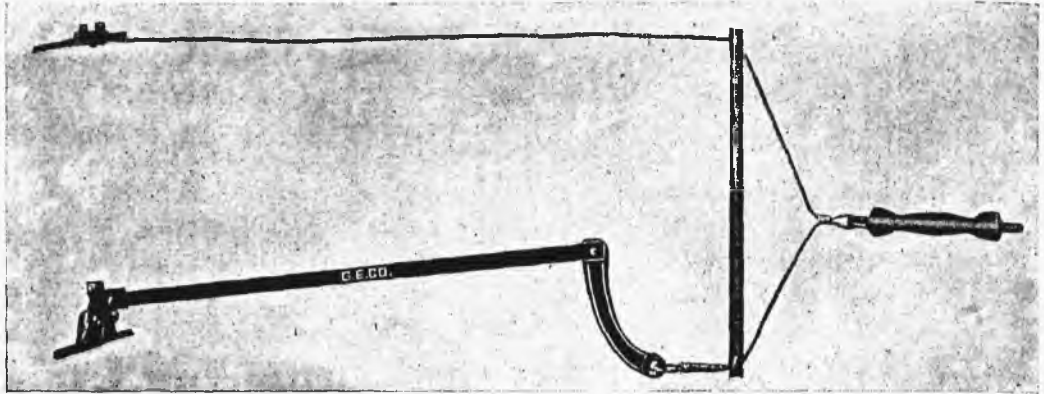
szona jest lina pomocnicza, a na niej dopiero drut roboczy. Lina pomocnicza zawieszona jest w odstępach około 10 m., drut roboczy 3 — 5 m.



Rys. 184.

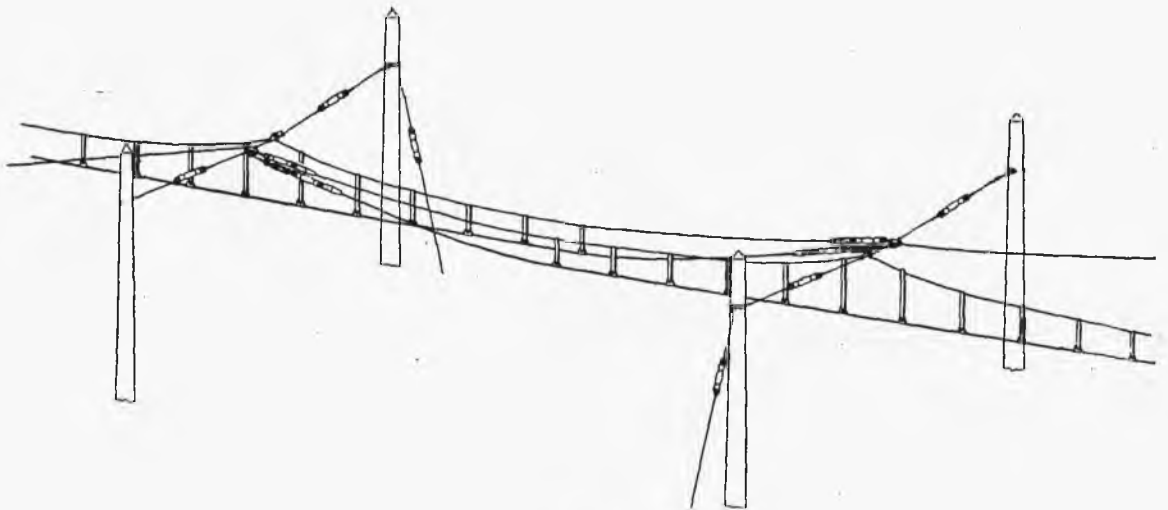
Podwójne zawieszenie stosuje się głównie ze względu na załamania, jakie musiałyby powstać w drucie roboczym przy zmianach tempera-

tury. Załamania te w punktach zawieszenia są tem większe, im większy staje się zwis. Zwis samego drutu roboczego gra tu małą



Rys. 185.

tylko rolę wobec małych rozpiętości, w jakich jest on zawieszony, wchodzi zaś w grę głównie tylko zwis liny. Na rys. 187-mym widzimy, że

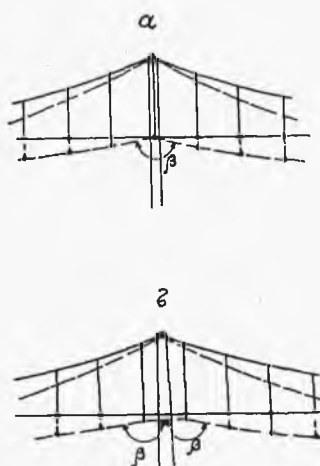


Rys. 186.

kąt  $\beta$  będzie tem mniejszy, a zatem załamanie tem ostrzejsze, im większy stanie się zwis.

Zawieszając drut roboczy nie bezpośrednio pod zawieszeniem liny, jak w wykonaniu *a*, lecz po obu jego stronach, jak w wykonaniu *b*, zmniejszamy temsamem załamanie zwiększając kąty  $\beta$ .

Przy wielkich rozpiętościach mogłyby jednak te kąty  $\beta$  wypaść zbyt małe, czemu właśnie zapobiega podwójne zawieszenie, przedstawiając bowiem wzajemnie punkty zawieszenia liny głównej, liny pomocniczej i drutu roboczego rozkładamy załamanie na 4 punkty, czem jeszcze zwiększamy kąty  $\beta$ .



Rys. 187.

**6. Systemy z samoczynnym regulowaniem.** Systemów zawiesznień łańcuchowych z samoczynnym regulowaniem naprężenia obmyślono i wykonano sporo; wszystkie te systemy dadzą się podzielić na trzy zasadnicze grupy, różniące się między sobą szczegółami wykonania, a mianowicie:

- a) Naprężenie reguluje się samoczynnie tylko w drucie roboczym.
- b) Samoczynnie reguluje się tylko naprężenie liny nośnej.
- c) Tak naprężenie liny nośnej, jak i drutu roboczego reguluje się samoczynnie.

Grupa pierwsza nie zapobiega oczywiście zmienności zwisu całego urządzenia, gdyż ze zmianą zwisu liny nośnej zmienia się i zwis całości. Zwis drutu roboczego jest między jego punktami zawieszenia tak mały, że regulowanie jego lub nie—większego wpływu na całość nie wywiera, a łagodzi tylko event. załamania w punktach zawieszenia, o których mówiliśmy już poprzednio.

Wykonania grupy drugiej i trzeciej zapewniałyby niezmienny zwis całości przy różnych temperaturach, ale tylko pod warunkiem zastosowania dla liny nośnej i drutu roboczego materiałów o jednakowym współczynniku wydłużalności pod wpływem ciepła oraz zupełnie swobodnej wzajemnej przesuwalności liny nośnej i drutu roboczego. Przy sady, a zatem zmianie obciążenia, nie mogą one spełnić tego zadania i zwis musi się z konieczności zwiększyć. Jeżeli jednak zastosować liny nośne n. p. ze stali, a drut roboczy z miedzi, lub jeżeli przesuwalność obu nie jest zupełnie swobodna, to łatwo się przekonać, że zwis przy zmianach temperatury stały nie pozostanie.

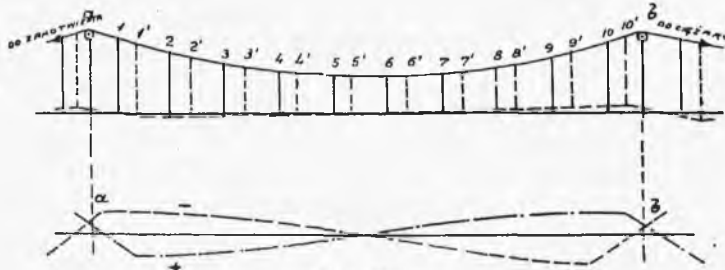
Załóżmy, że w urządzeniu, naszkicowanym na rys. 188-ym, lina nośna i drut roboczy wykonane są z tego samego materiału, n. p. miedzi. Pod

wplywem wzrostu temperatury wydłuża się lina nośna tak, że punkt 1 przesuwa się w położenie 1', 2 w 2' i t. d. Pod wplywem ciężaru pozostają oczywiście naprężenie i zwis stałe. Drut roboczy wydłuża się również tak, że i jego poszczególne punkty przesuują się o takie same odcinki ku ciężarowi; zawieszenia więc pozostaną prostopadłe.

Jeżeli jednak wieszaki nie będą się mogły swobodnie przesuwać na lince nośnej, t. j. jeżeli zajmą położenia 1', 2', 3' i t. d., to oczywiście jest, że punkty zawieszenia drutu roboczego obniżą się od 1 do 5, a podwyższą się od 6 do 10.

Drut roboczy przybierze więc kształt oznaczony w przesadzonej skali u dołu rysunku (znak +). Naodwrot, w razie obniżenia się temperatury, a zatem skracania liny i drutu, nastąpi przesuwanie w odwrotnym kierunku i drut przybierze położenie oznaczone znakiem —.

Przy zupełnie swobodnej przesuwalności zawieszzeń na lince nośnej i drutu roboczego w zawieszeniach, pozostałyby zawieszzenia na swych



Rys. 188.

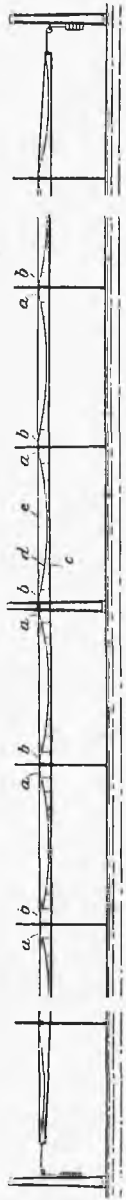
miejscach, a drut leżałby dalej poziomo. W praktyce niema nigdy zupełnej ruchomości, gdyż przeszkadza temu tarcie, położenie więc drutu roboczego nie pozostanie zupełnie stałe. Podobne zjawisko będzie miało miejsce przy różnym wydłużeniu liny nośnej i drutu roboczego, sporządzonych z różnych materiałów.

Podwójne zawieszenie łańcuchowe z samoczynnem regulowaniem naprężenia w lince nośnej i drucie roboczym wykonania Powszechnego Towarzystwa Elektrycznego widzimy na rys. 189-tym i 190-tym.

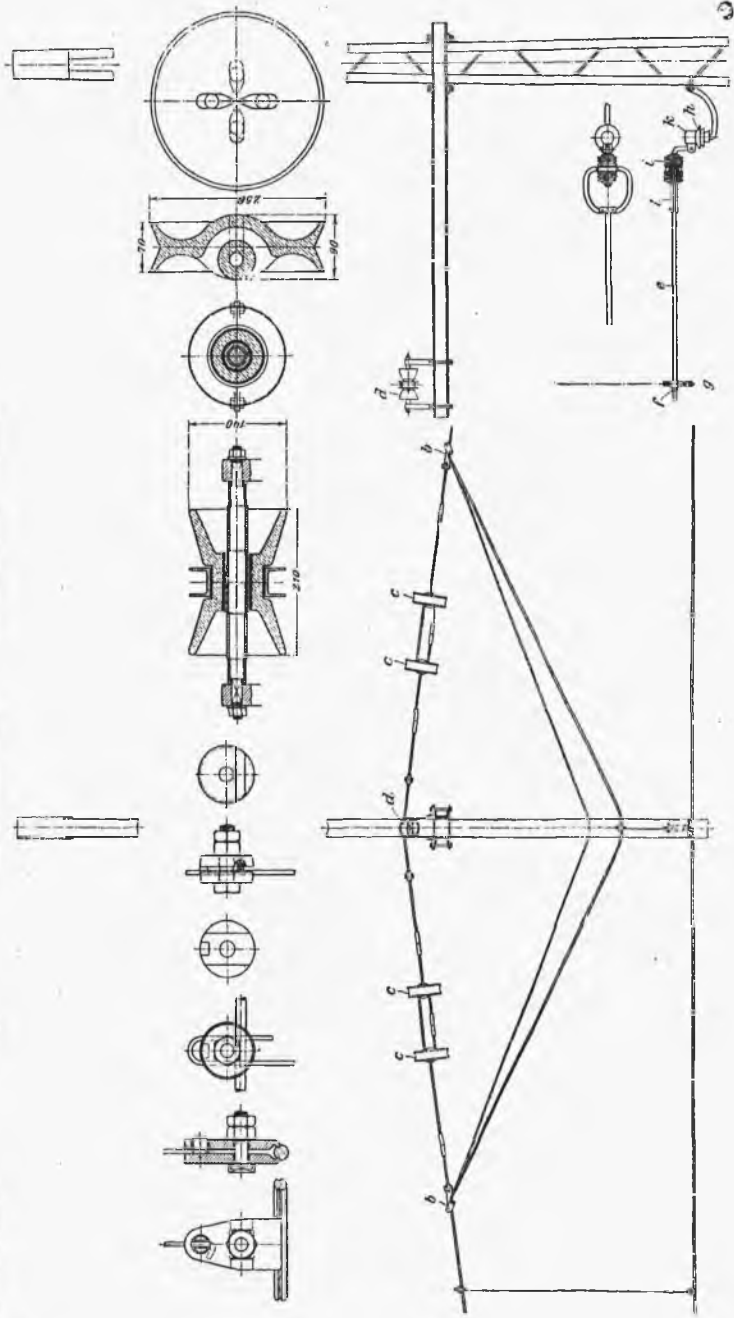
Drut roboczy *c*, lina nośna *d* i lina pomocnicza *e* naprężone są w odstępach około 1000 m. ciężarami zawieszonymi na słupach; w środku pomiędzy dwoma ciężarami jest cały system zakotwiony na odpowiednio wzmocnionym słupie.

Stalowa lina nośna składa się z 7-miu drutów o średnicy 2,8 mm., lina pomocnicza, również stalowa, z 7-miu drutów o średnicy 1,9 mm., drut roboczy z twardo ciągniętej miedzi ma przekrój 100 m<sup>2</sup>. Działanie silnie naprężonej liny pomocniczej *e* polega na tem, że przy zmianach temperatury, a zatem jej długości, zmieniają swe położenie punkty przy-





Rys. 189.



Rys. 190.

mocowania liny nośnej. Przy zwiększeniu n. p. temperatury punkty *te*, *a*, *b*, rys. 189-ty, oddalają się od siebie; równocześnie jednak wydłuża się pod wpływem temperatury również i lina nośna *d* tak, że zwis jej pozostaje niezmienny.

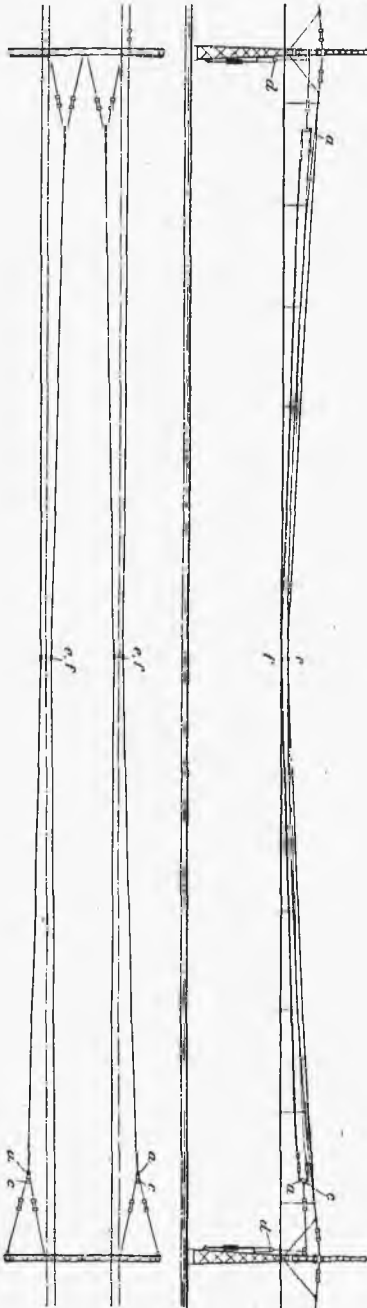
Liny nośna i pomocnicza są zmocowane razem odpowiednimi zaciskami w punktach *b b*, rys. 190-ty, i odprowadzone od tych punktów w dół pentlicą, u dołu której znajduje się zawieszenie drutu roboczego. Punkty *b b* połączone są ze sobą liną przewodzoną na izolatorach *d* typu „diabolo”; z każdej strony włączone są dwa izolatory tarczowe *c c*. Izolator *d* osadzony jest na osi poziomej tak, że może się swobodnie obracać, zastępuje więc kółko.

W należytem położeniu bocznem utrzymują drut roboczy ramionka rurkowe *e* mające na swym końcu zaciski *f* z zaciskami dla drutu roboczego *g*. Zaciski *g* mogą się względem *f* obracać. Ramionka są podwójnie izolowane od słupów, raz przez izolator żeberkowy *i*, a drugi raz przez izolator dzwonekowy *h*; na izolator ten nasadzona jest pokrywa żelazna *k*, mogąca się na niem obracać.

Pole z ciężarami widzimy na rys. 191-ym.

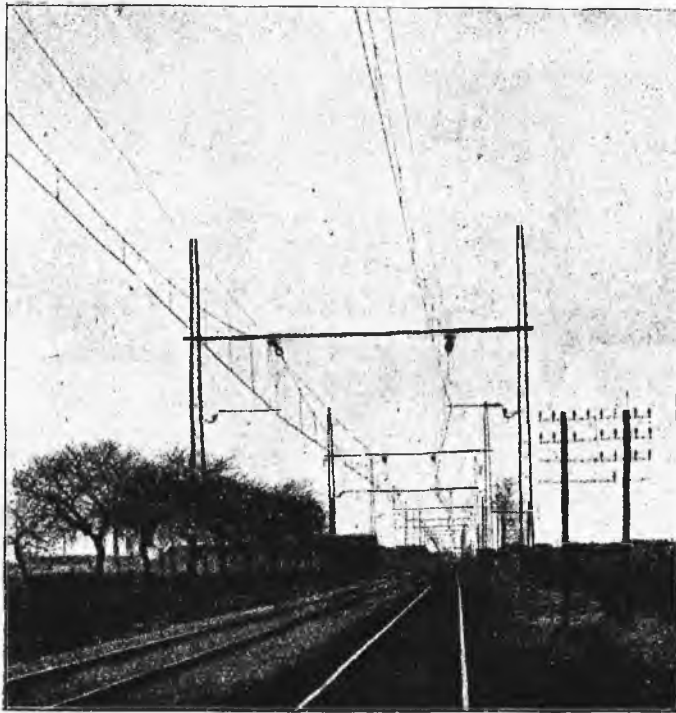
Druty robocze wraz z linami są tu przeprowadzone obok siebie i złączone w środku strzemionkami *e f*. Przy obu słupach są tak druty robocze, jak i liny przymocowane do nierównoramiennych dźwigni *a*, na które działają ciężary przy pomocy lin, przeprowadzonych na bloczkach *d*. Sieć taka została wykonana na linii Dessau-Bitterfelde, rys. 192-gi, 193-ci i 194-ty.

Rys. 191.



Aby uniknąć deformacji powstającej przy zmianie temperatury, stosowane bywają zawieszenia trójkątne. Działanie takiego zawieszenia wyjaśniają rys. 195-ty i 196-ty.

Przy zmianie temperatury o  $60^{\circ}\text{C}$ ., od  $-20^{\circ}$  do  $+40^{\circ}$ , zmienia stalowa lina swą długość na 1000 m. o 660 mm., drut zaś roboczy o 1020 m.; największa różnica wynosi więc 360 mm. Zaciski podtrzymujące drut roboczy przymocowane są do kółek metalowych, osadzonych w dole



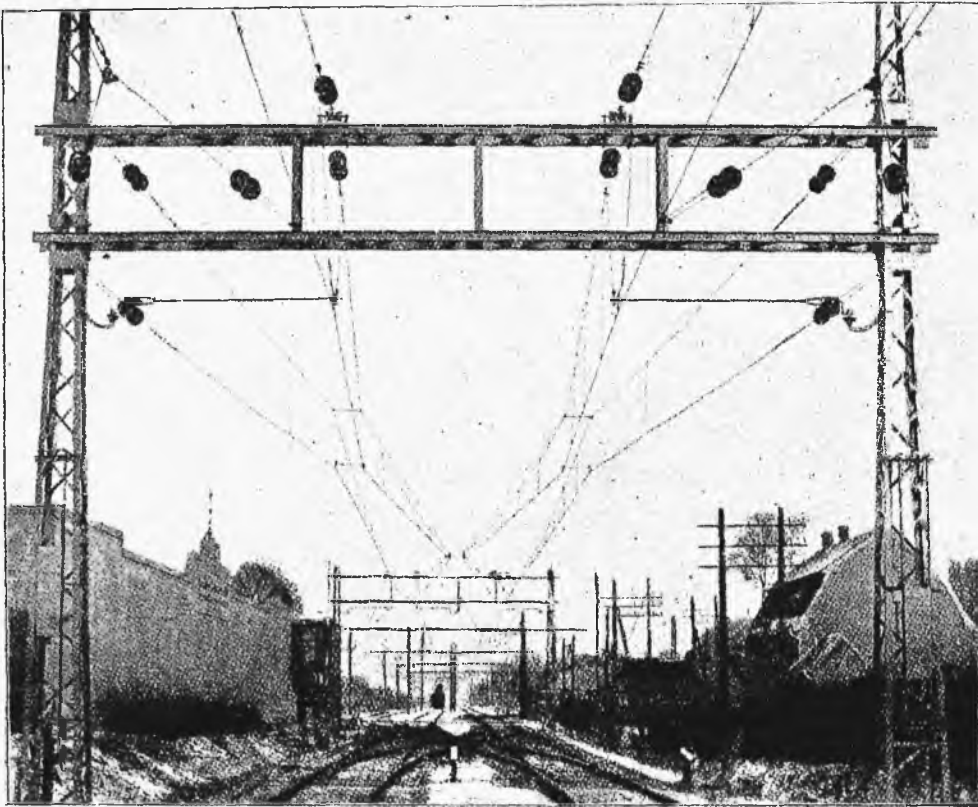
Rys. 192.

pentlicy, wytworzonej przez zawieszenie trójkątne. Drut roboczy przesuwają się swobodnie na tych kółkach, które ze swej strony przesuwają się po łuku elipsy o odległości ogniskowej 3 m., rys. 196-ty. Skutkiem tego staje się różnica wysokości minimalna, jak na rys. 196-ym n. p. tylko 40 mm., załamania więc drutu roboczego znikają prawie całkowicie.

Lina nośna spoczywa również na kółkach metalowych zawieszonych na dwu izolatorach tak, że są ruchome we wszystkich kierunkach i mogą się nastawiać stosownie do kierunku działających sił. Zapewnia to doskonałą ruchomość linie. Boczne oparcie, uwidocznione na rys. 197-ym, stosowane bywa tylko na łukach.

Sieć taką, wykonaną na kolei Wiedeń-Pressburg, widzimy na rys. 198-mym.

Wyżej opisane urządzenie zapewnia wprawdzie doskonałą ruchomość liny nośnej i drutu roboczego, jest jednak bardzo złożone i ciężkie. Poza to zdają się być zawieszania drutu roboczego nieco zbyt sztywne w kierunku pionowym, a dostateczna ruchomość kółek w pen-

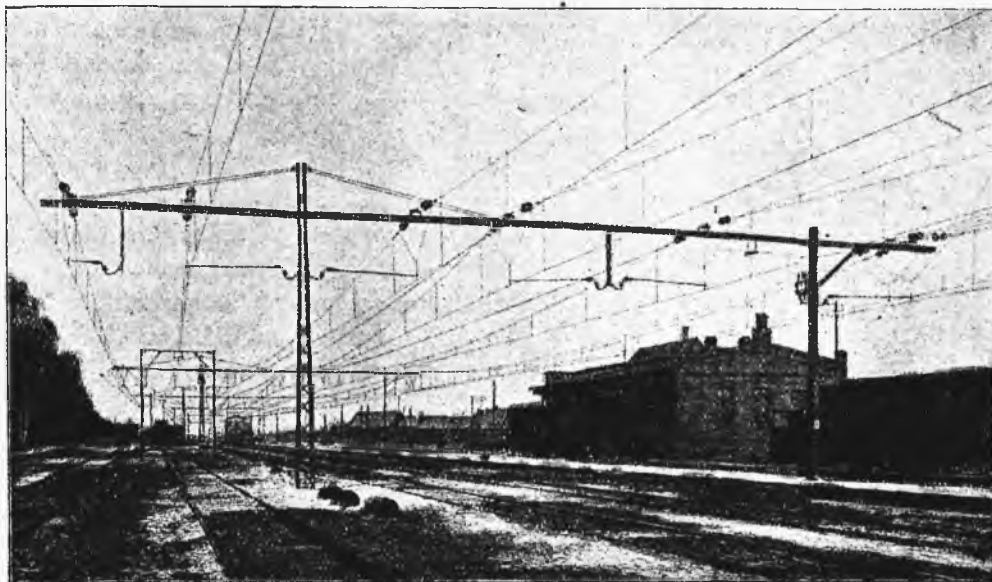


Rys. 193.

tlicach nastęcza pewne wątpliwości. Zawieszenie liny nośnej na izolatorach wiszących jest bezwzględnie lepsze, jak zastosowanie izolatorów „diabolo” lub dzwonkowych, gdyż zupełna nastawialność w kierunku sił daje najmniejsze tarcie, izolatory zaś nie są narażone na żadne dodatkowe siły boczne; wadą takiego zawieszenia jest jednak to, że wymaga ono odpowiednio wyższych słupów.

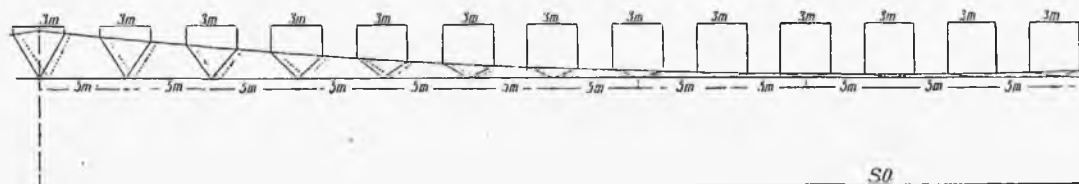
Inne jeszcze, znacznie prostsze wykonanie, ma sieć kolei Riksgränzen-Kiruna w Szwecji. Rozpiętości są tu znacznie mniejsze i wynoszą tylko

około 52,5 m., wobec czego zastosowano zawieszenie łańcuchowe pojedyncze. Tak lina nośna, jak i drut roboczy, są miedziane. Drut roboczy zawieszony jest na linie co 17,5 m. Naprężenie jest regulowane wspólnie w linie nośnej i drucie roboczym przez ciężary umieszczone co 1300 m.



Rys. 194.

Linę nośną podtrzymują wysięgi osadzone na izolatorach dzwonkowych; izolatory te mogą obracać się wraz ze swymi trzpieniami w odpowiednio ukształtowanych obsadach. Izolacja względem ziemi jest właściwie po-



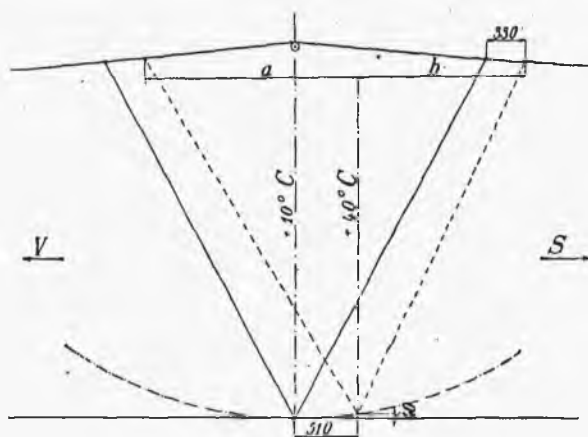
Rys. 195.

jedyncza, zastosowane jednak zostały wyjątkowo mocne, podwójne izolatory.

Właściwych zakotwień niema, zastępują je podwójne wysięgi w kształcie  $\Delta$ .

Słup z ciężarem widzimy na rys. 199-tym, pole z regulacją na rys. 200-nym, zakotwienie na rys. 201-szym.

Znacznie prostsze to wykonanie zapewnia również linie doskonałą ruchomość, gdyż tarcie w obsadach izolatorów przy obracaniu się wysięgów niknie wobec długości ramienia w porównaniu do



Rys. 196.

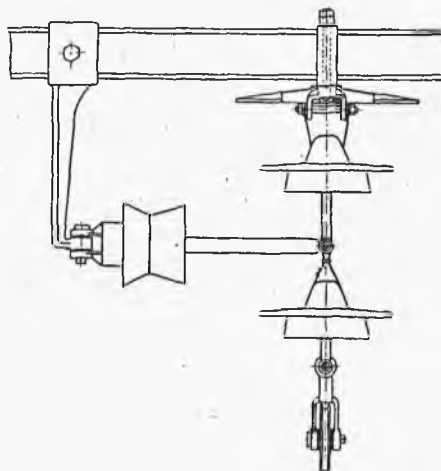
średnicy trzpienia izolatorowego. Przy jednakowym materiale liny i drutu oczekiwać można mało zmiennych zwisów.

Jako typy sieci amerykańskich bez samoczynnego regulowania napięcia służyć mogą urządzenia kolei Chicago Milwaukee and St. Paul i New York, New Haven and Hartford.

Kolej Chicago Milwaukee and St. Paul ma prąd stały o napięciu 3000 voltów. Słupy są drewniane, rozpiętości na linii prostej wynoszą 46 m., linja jest przeważnie jednotorowa.

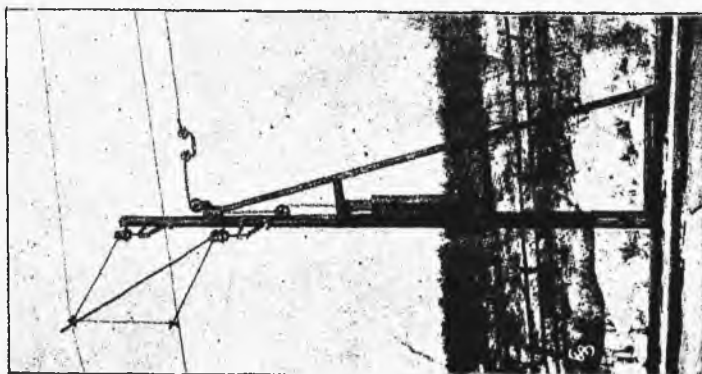
Siec składa się z dwu drutów z twardo ciągniętej miedzi o przekroju 107 mm.<sup>2</sup> każdy, zawieszonych na linie z Siemens-Martenowskiej stali o średnicy 12,8 mm.

Każdy drut roboczy zawieszony jest na linie co 4600 mm., zawieszenia, rys. 183-ci, są przedstawione tak, że odległość pomiędzy nimi wynosi 2300 mm. Lina nośna ma 2,5-krotne bezpieczeństwo na zerwanie przy najniższej temperaturze — 50° C.; zwis wynosi przy średniej temperaturze 500 mm. Wysokość

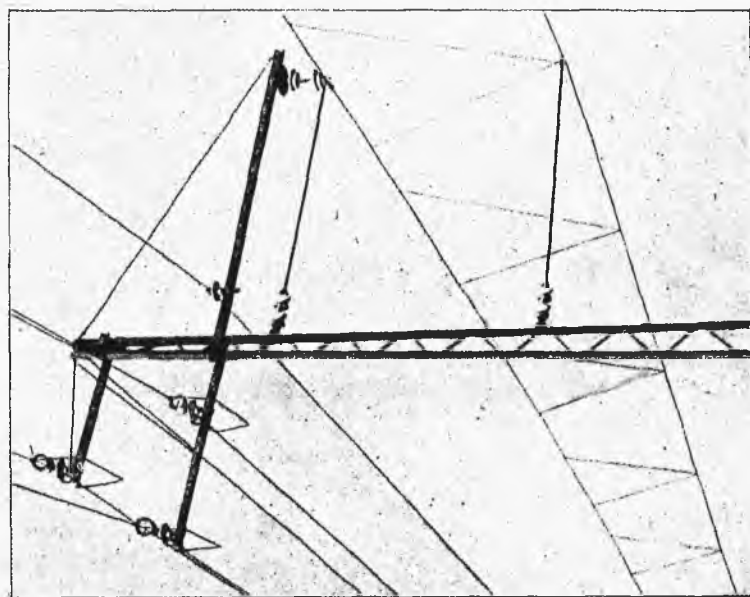


Rys. 197.

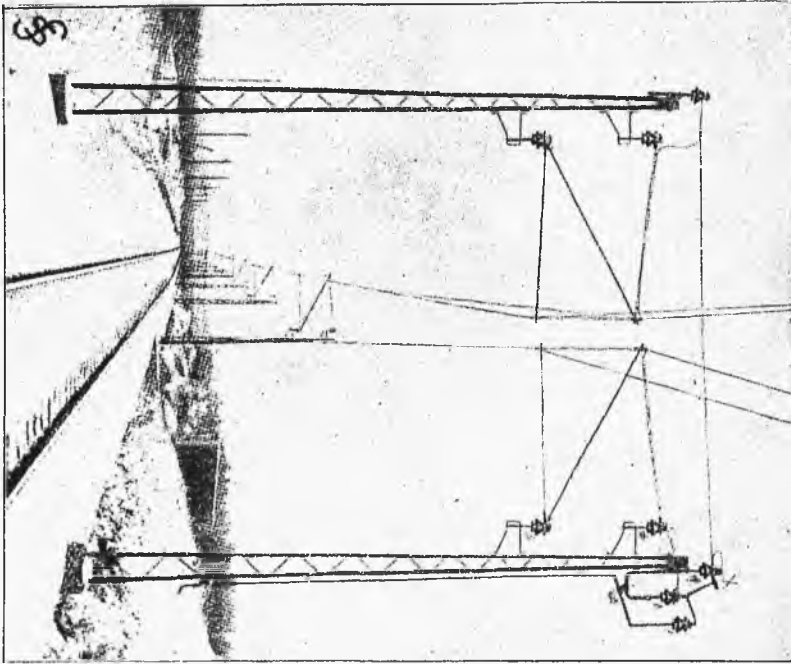
drutów roboczych nad szynami wynosi 7300 mm., izolacja jest pojedyncza, przyczem słupy drewniane zastępują drugą izolację; tam, gdzie zastosowano zakotwienia słupów, są druty kotwowe specjalnie izolowane przez włączenie izolatorów sprzążkowych. Na stacjach wisi lina nośna na drutach poprzecznych. Rys. 202-gi pokazuje sze-



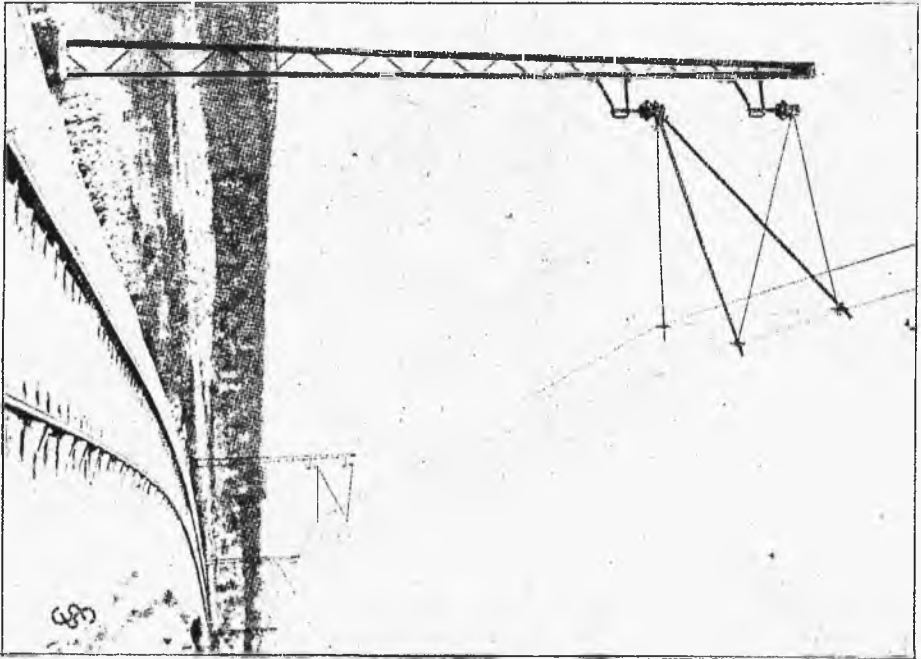
Rys. 199.



Rys. 198.



Rys. 200.



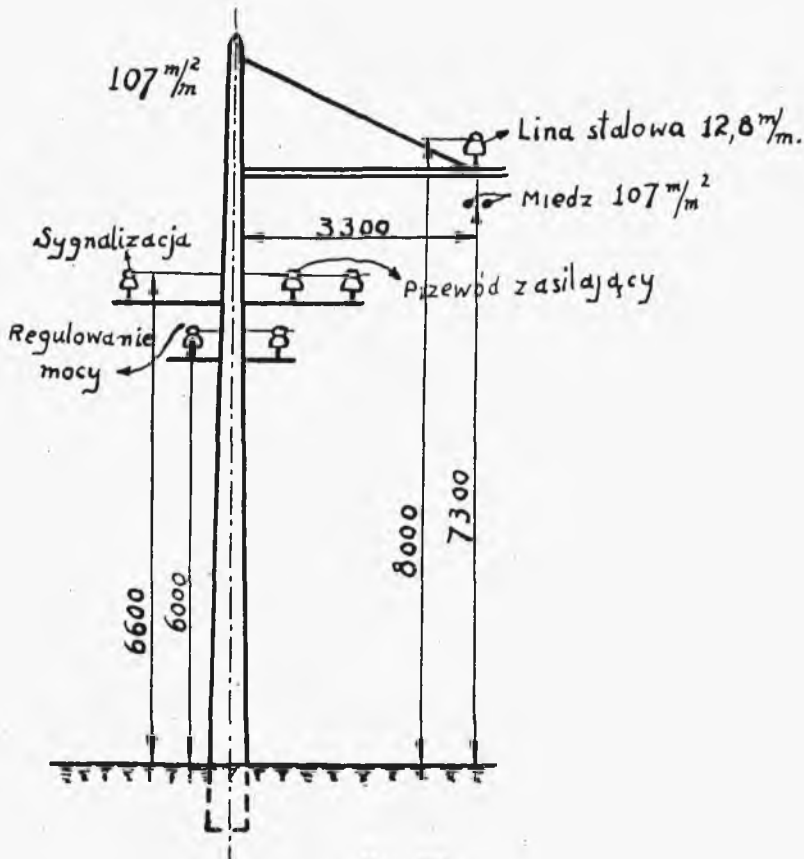
Rys. 201.



matycznie zawieszenie sieci na słupie wraz z rozmieszczeniem przewodów wzmacniających.

Sieć na linii prostej widzimy na rys. 203-cim, na łuku na rys. 204-tym. Sieć cała jest nadzwyczaj prosta, a przytem elastyczna.

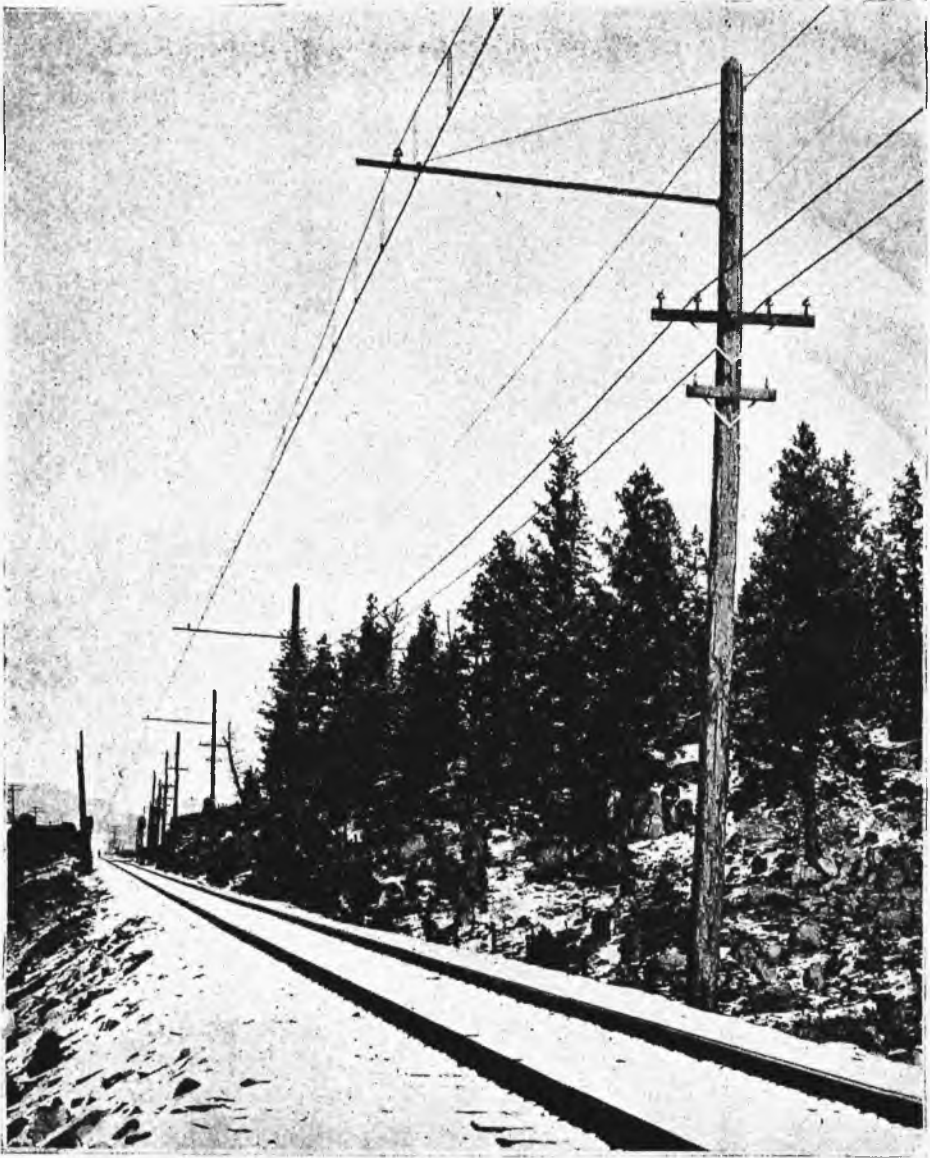
Podwójny drut roboczy z przestawionymi zawieszzeniami kompensuje zupełnie małe załamania w pobliżu słupów, powstające przy zmia-



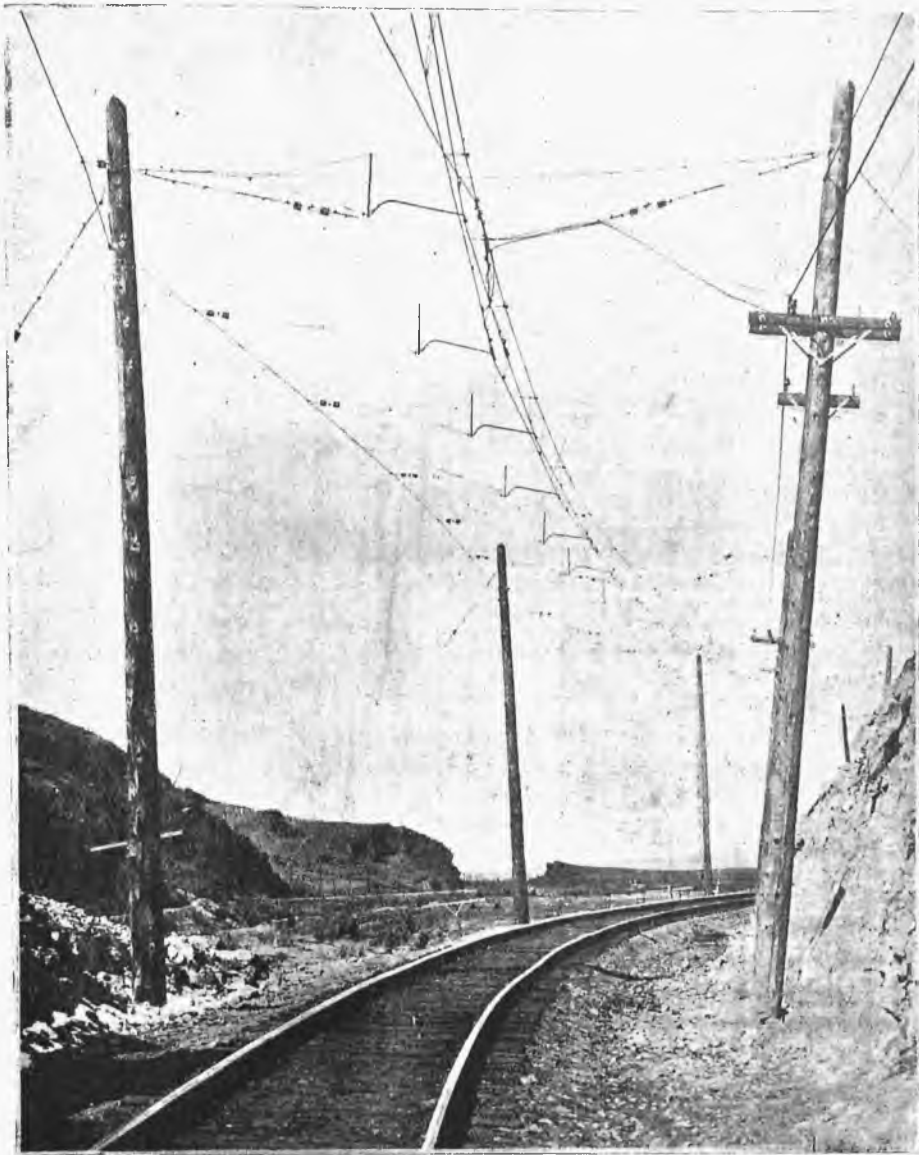
Rys. 202.

nach temperatury. Mimo znacznych prędkości, jakie lokomotywy na tej linii rozwijają, do 100 km. g., oraz natężeń prądu, dochodzących do 2000 amp. na zbieracz, sieć pracuje znakomicie, bez najmniejszych nawet iskrzeń.

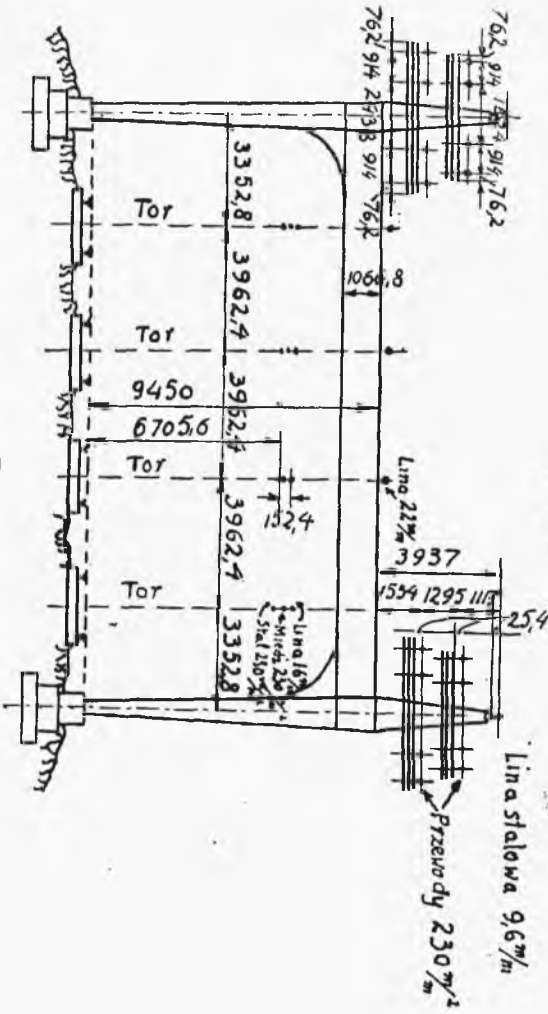
Kolej New York, New Haven and Hartford używa prądu zmiennego o napięciu 12000 voltów. Słupy są żelazne, rozpiętość na linii prostej wynosi 91,4 m., większa część linii jest 4-ro torowa. Systemów zawieszenia drutu roboczego zastosowano kilka.



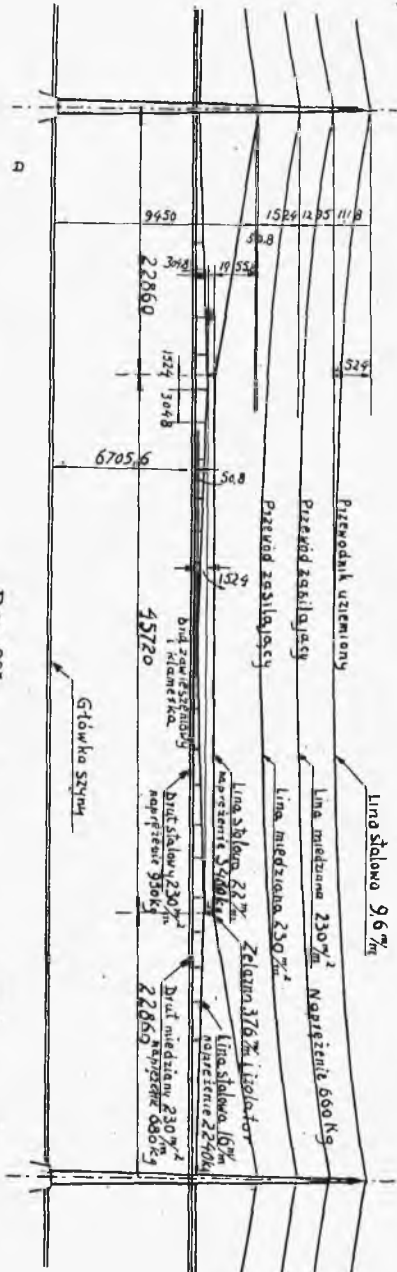
Rys. 203.



Rys. 204.

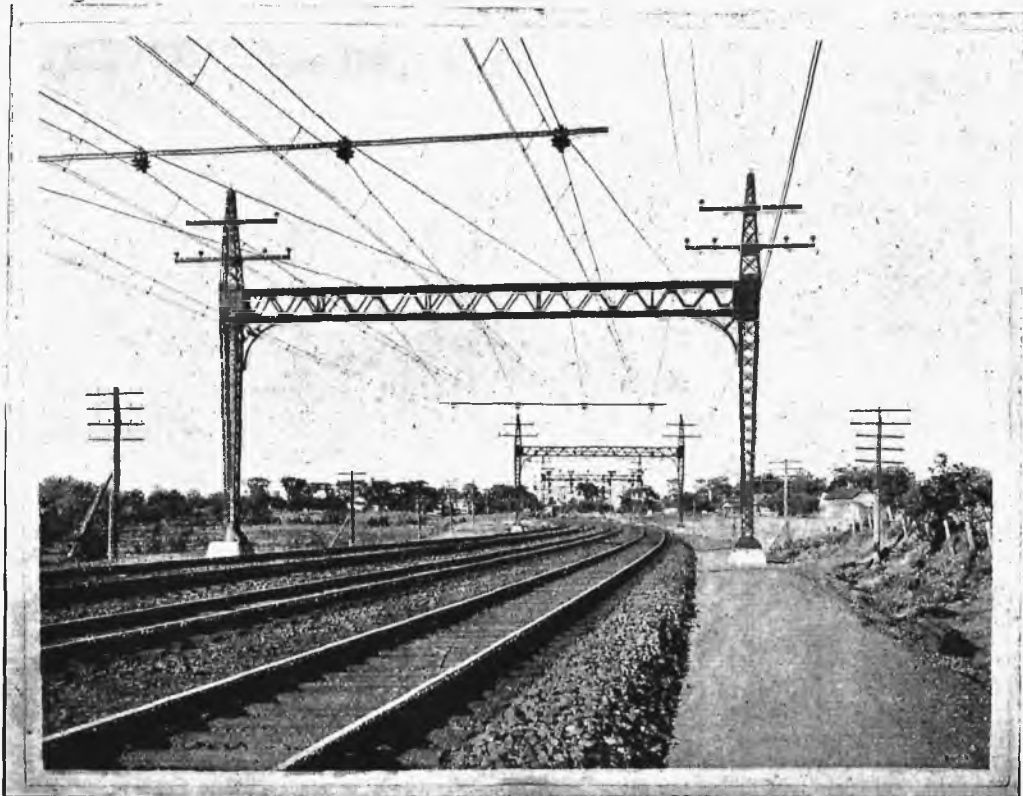


Rys. 206.



Rys. 205.

Pierwszy, uwidoczniiony na rys. 205-tym, 206-tym i 207-mym, polega na tem, że na linie stalowej o średnicy 22 mm. zawieszono są dwie belki żelazne, złożone z dwuteówek 76 mm., do których przymocowane są izolatory podtrzymujące drugą linę stalową o średnicy 16 mm. Na tej linie zawieszony jest w odstępach 3046 mm. drut miedziany i bezpośrednio pod nim drut stalowy, oba o przekroju 230 mm.<sup>2</sup>; zbieracz prądu ślizga się więc tu po drucie stalowym.

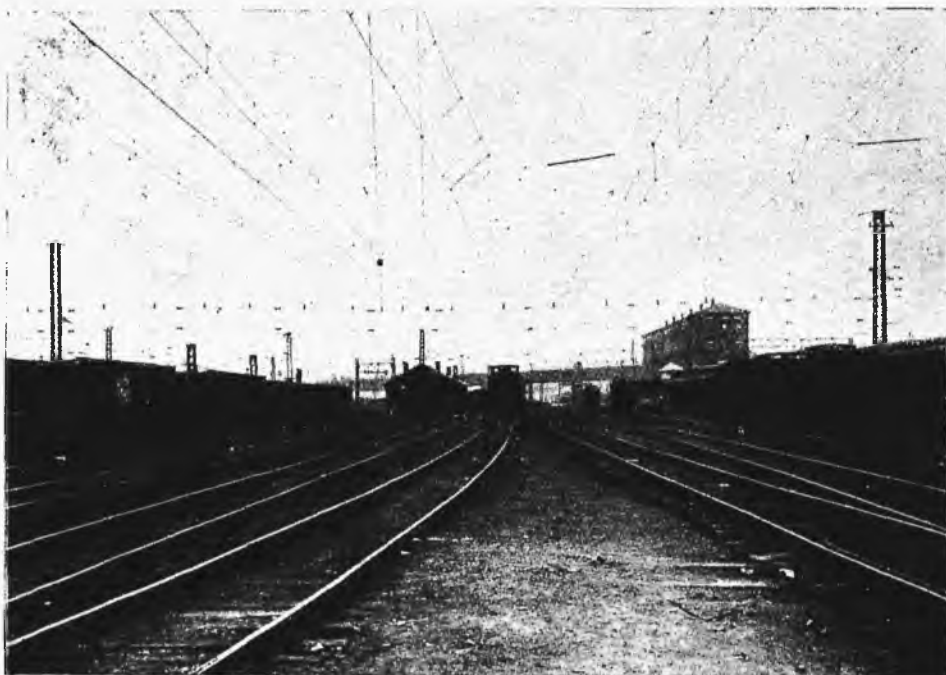


Rys. 207.

Napężenia przy  $+ 16,5^{\circ}$  C wynoszą: liny głównej 3430 kg., pomocniczej 2200 kg., drutu miedzianego 680 kg., drutu stalowego 950 kg., zwisy zaś przy tej temperaturze dla liny głównej 1956 mm., pomocniczej 380 mm. Wysokość drutu roboczego nad torami wynosi 6700 mm. Izolacja jest częściowo pojedyncza, częściowo podwójna; w tym ostatnim wypadku spoczywa również lina główna na izolatorach ustawionych na jarzmach.

Na rozjazdach stacyjnych zastąpiono jarzma poprzecznymi linami stalowymi o średnicy 22 mm., rozpiętymi między słupami, ustawionymi

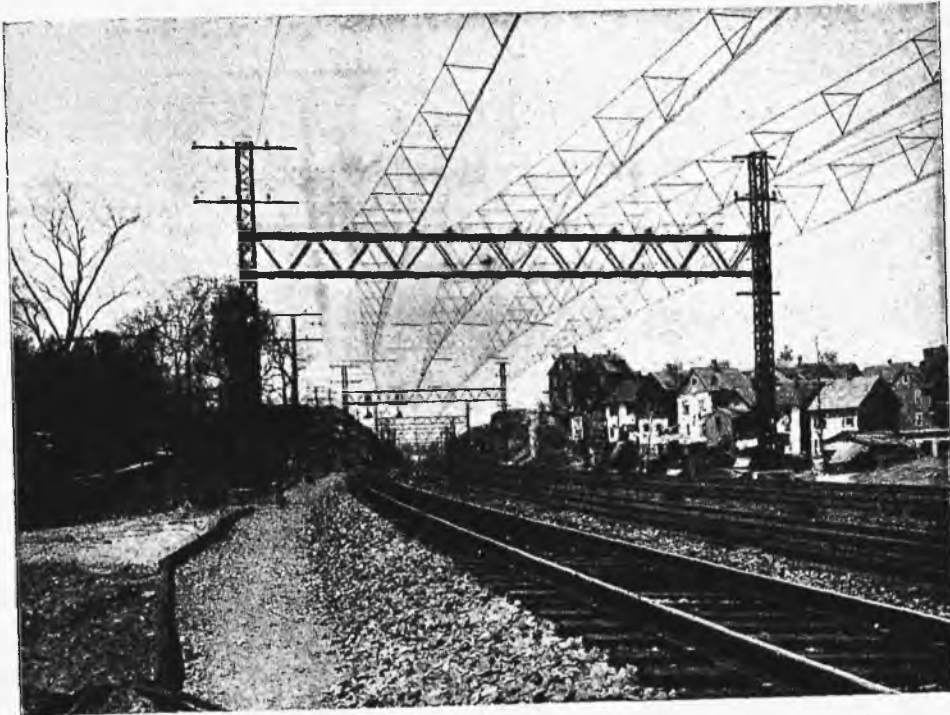
w odległości do 52,4 m., t. j. na 10 torów. Belek żelaznych tu niema, drut roboczy stalowy, bez dodatkowego miedzianego ma przekrój 180 mm.<sup>2</sup> i zawieszony jest co 4550 mm. na pojedynczej linie stalowej o średnicy 10 mm. Zwis liny poprzecznej wynosi 2350 mm., liny nośnej przy rozpiętości 91,4 m. 1690 mm. Położenie boczne drutów roboczych utrzymuje druga lina poprzeczna stalowa o średnicy 10 mm., przeciągnięta między słupami w wysokości zawieszon drutów roboczych; na łukach przeciągnięta jest pozatem trzecia lina poprzeczna w wysokości zawieszon liny nośnej.



Rys. 208.

Drugie wykonanie, zastosowane tam, gdzie obawiano się silnych wiatrów (nad brzegiem morza), polega na tem, że stalowy drut roboczy wraz z pomocniczym miedzianym zawieszone są na dwu linach stalowych, przeciągniętych obok siebie na jednej wysokości; liny te spoczywają na izolatorach, ustawionych na jarzmach, łączących ze sobą dwa słupy. W miejscach zawieszenia drutu roboczego są obie liny ściągnięte drutem stalowym tak, że powstaje równoboczny trójkąt, rys. 209-ty.

Również i ta sieć pracuje doskonale, a brak regulacji nie daje się zupełnie odczuwać. Stalowy drut roboczy został częściowo zamieniony drutem t. zw. „phonoelectric“ (stop 40% miedzi, 43% cyny, reszta cynk i antymon).



Rys. 209.

**7. Mechaniczne obliczenie sieci.** Przystępując do mechanicznego obliczenia sieci łańcuchowej ze znacznymi rozpiętościami, należy przede wszystkim zdać sobie sprawę z tego, kiedy panujące w niej naprężenia będą największe: przy najniższej temperaturze, czy też przy sady.

Naprężenie  $p_t$  na mm.<sup>2</sup>, panujące w drucie przy temperaturze  $t$  stopni C., da się obliczyć ze znanego wzoru:

$$p_t = \frac{a^2 g^2}{24 p_t^2 + \beta} = p_o - \frac{a^2 g^2}{24 p_o^2 \beta} - \frac{\alpha}{\beta} (t - t_o) *);$$

$a$  = rozpiętość w metrach,

$g$  = waga w kg. jednego metra drutu o przekroju 1 mm.<sup>2</sup>,

$\beta$  = współczynnik rozciągliwości,

$p_o$  = największe dopuszczalne obciążenie kg. na mm.<sup>2</sup>,

$\alpha$  = współczynnik wydłużenia pod wpływem ciepła.

\*) Patrz str. 132-ga tom I.

Przy sadzi zwiększa się ciężar drutu  $g$  i staje się  $=g_s$ ; wtedy naprężenie będzie:

$$p_t - \frac{a^2 g^2}{24 p_t^2 \beta} = p_o - \frac{a^2 g_s^2}{24 p_o^2 \beta} - \frac{\alpha}{\beta} (t - t_o).$$

Rozpiętość „krytyczną”, przy której oba naprężenia, przy najniższej temperaturze i przy sadzi, będą równe, otrzymamy z równania:

$$p_o - \frac{a^2 g^2}{24 p_o^2 \beta} - \frac{\alpha}{\beta} (t - t_o) = p_o - \frac{a^2 g_s^2}{24 p_o^2 \beta} - \frac{\alpha}{\beta} (t - t_o).$$

Zakładając, stosownie do niemieckich przepisów bezpieczeństwa,  $t_{\min} = -20^\circ \text{C}$ ., a temperaturę przy sadzi  $= -5^\circ \text{C}$ ., otrzymuje się podług Schauera:

$$a = 6 p_o \sqrt{\frac{10 \alpha}{g_s^2 - g^2}}.$$

Przy naszych warunkach klimatycznych wskazane jest przyjmować niższą temperaturę minimalną  $= -30^\circ \text{C}$ . Wtedy otrzymuje się:

$$a = p_o \sqrt{\frac{600 \alpha}{g_s^2 - g^2}}.$$

Przy rozpiętościach mniejszych od krytycznej największe naprężenie nastąpi przy najniższej temperaturze, przy większych — przy sadzi.

Jeżeli mamy do czynienia z siecią stale przymocowaną, a zatem bez samoczynnego regulowania naprężenia, to występować w niej będą naprężenia i zwisy zależne od temperatury; jeżeli jednak sieć ma samoczynne regulowanie naprężenia, to naprężenie będzie zawsze stałe, a zwis zwiększy się tylko przy sadzi. Oba więc te wypadki muszą być obliczane oddzielnie, a sposoby obliczenia najlepiej wyjaśnią przykłady.

Zacznijmy od sieci bez samoczynnego regulowania naprężenia.

Wyobrazmy sobie sieć, złożoną z dwu drutów roboczych miedzianych, o przekroju  $100 \text{ mm}^2$  każdy, zawieszonych naprzemian co  $5 \text{ m}$ . na pomocniczej linii stalowej o przekroju  $52,85 \text{ mm}^2$  (7 drutów o średnicy  $3,1 \text{ mm}$ .), która ze swej strony zawieszona jest na stalowej linii nośnej, złożonej z 7-miu drutów o średnicy  $4,2 \text{ mm}$ ., która zatem ma przekrój  $96,65 \text{ mm}^2$ . Rozpiętość wynosi  $100 \text{ m}$ .

Waga metra drutu roboczego o przekroju $100 \text{ mm}^2$	0,896 kg.
„ „ liny nośnej o przekroju $96,65 \text{ mm}^2$	
(ciężar gatunkowy $7,956$ )	0,769 „
„ „ liny pomocniczej o przekr. $52,85 \text{ mm}^2$	0,421 „



Zakładając równomierne rozłożenie całego obciążenia na linie nośnej i dodając około 0,3 kg. na metr jako wagę wieszaków, zacisków i t. p. otrzymamy jako obciążenie metra bieżącego całej sieci:

Druty robocze $2 \times 0,896$	1,792 kg.
Lina nośna	0,769 „
Lina pomocnicza	0,421 „
Wieszaki, zaciski i t. p.	0,300 „
	3,282 $\cong$ 3,3 kg.

$$g = \frac{3,30}{96,65} = 0,0342 .$$

Średnica drutu roboczego wynosi 12 mm., liny nośnej 13 mm., liny pomocniczej 9,3 mm., dodatkowe więc obciążenie przez sadź wyniesie podług wzoru:

	$\frac{190 + 50 \cdot a'}{1000}$	
Dla drutów roboczych	$2 \frac{190 + 50 \cdot 12}{1000}$	= 1,58 kg. na metr.
„ liny nośnej	$\frac{190 + 50 \cdot 13}{1000}$	= 0,840 „ „ „
„ liny pomocniczej	$\frac{190 + 50 \cdot 9,3}{1000}$	= 0,655 „ „ „
„ wieszaków, zacisków i t. d. około	$\frac{0,125}{3,20}$	„ „ „ 3,20 kg. na metr.

$$g_s = \frac{3,30 + 3,20}{96,65} = 0,0695 \text{ kg.}$$

$$\alpha \text{ dla stali} = 12,3 \cdot 10^{-6}$$

$$\beta \text{ „ „} = 4,8 \cdot 10^{-6}$$

$$p_0 \text{ „ „} = 40 \text{ kg. (2,5-krotne bezpieczeństwo)}$$

$$\text{Rozpiętość krytyczna } a = 40 \sqrt{\frac{600 \cdot 0,0000123}{0,0675^2 - 0,0342^2}} = 58,4 \text{ m.}$$

Największe naprężenie nastąpi więc przy sadzi.

Siłę, z jaką należy naprężyć linę przy temperaturze  $t^{\circ} \text{C.}$ , otrzymamy z równania:

$$p_t - \frac{a^2 g^2}{24 p_t^2 \beta} = p_0 - \frac{a^2 g_s^2}{24 p_0^2 \beta} - \frac{\alpha}{\beta} (t - t_0), \text{ a wstawivszy wartości:}$$

$$p_t - \frac{100^2 \cdot 0,0342^2}{24 p_t^2 \cdot 4,8 \cdot 10^{-6}} = 40 - \frac{100^2 \cdot 0,0675^2}{24 \cdot 40^2 \cdot 4,8 \cdot 10^{-6}} - \frac{12,3}{4,8} (t + 5)$$

$$p_t - \frac{101500}{p_t^2} = 40 - 246 - 2,56 (t + 5)$$

Jestto równanie trzeciego stopnia dla  $p_t$ , lecz pierwszego stopnia dla  $t$ . Wstawiając różne wartości dla  $p_t$  obliczamy wartości  $t$ , które ustawiamy w tabelę lub wykres. Tak n. p. mamy:

$$p_t = 30, \quad 30 - \frac{101500}{30^2} = 40 - 246 - 12,8 - 2,56 t$$

$$t = -43,0^\circ \text{ C.}$$

Naprężenie kg. na mm. <sup>2</sup>	Temperatura ° C.	Naprężenie kg. na mm. <sup>2</sup>	Temperatura ° C.
30	-43	23	- 9,4
28	-35,8	22	- 2,1
27	-31,6	21	+ 6,25
26	-27,4	20	+16,0
25	-21,6	19	+27,4
24	-16,4	18	+40,8

Zwis obliczyć można z wzoru:

$$f = \frac{a^2 \cdot g}{8 p_t} \text{ a zatem przy sadzi i } t = -5^\circ \text{ C.}$$

$$f = \frac{100^2 \cdot 0,0675}{8 \cdot 40} = \frac{675}{320} = 2,11 \text{ m.}$$

Przy najwyższej temperaturze  $t = +40^\circ$  wynosi  $p_t = 17,9$  kg., a zatem zwis:

$$f = \frac{100^2 \cdot 0,0342}{8 \cdot 17,9} = 2,39 \text{ m.}$$

Najniższej temperaturze  $t = -30^\circ \text{ C.}$  odpowiada  $p_t = 26,4$  kg.; najmniejszy zwis będzie więc:

$$f_{\min} = \frac{100^2 \cdot 0,0342}{8 \cdot 26,4} = 1,62 \text{ m.}$$

Największa różnica zwisu wynosi więc:

$$2,39 - 1,62 = 0,79 \text{ m.}$$

Lina pomocnicza zawieszona jest co 10 m., będzie więc najsilniej naprężona przy temperaturze  $t = -30^\circ \text{ C.}$  Oblicza się ją podług wzoru:

$$p_t - \frac{a^2 \cdot g^2}{24 p_t^2 \beta} = p_o - \frac{a^2 \cdot g^2}{24 p_o^2 \beta} - \frac{\alpha}{\beta} (t - t_o)$$

Obciążenie na metr wynosi  $3,282 - 0,769 = 2,513$  kg., a zatem:

$$g = \frac{2,513}{52,85} = 0,0477.$$

Wstawivszy wartości otrzymamy:

$$p_t - \frac{10^2 \cdot 0,0477^2}{24 p_t^2 \cdot 4,8 \cdot 10^{-6}} = 40 - \frac{10^2 \cdot 0,0477^2}{24 \cdot 40^2 \cdot 4,8 \cdot 10^{-6}} - 2,56 (t + 30)$$
$$t = \frac{780}{p_t^2} - p_t - 14,9.$$

Najmniejszy zwis przy  $t = -30^\circ \text{ C.}$ ,  $p_t = 40$

$$f = \frac{10^2 \cdot 0,0477}{8 \cdot 40} = 0,0149 \text{ m.}$$

Najmniejszy zwis przy  $t = +40^\circ \text{ C.}$ ,  $p_t = 3,7$

$$f = \frac{10^2 \cdot 0,0477}{8 \cdot 3,7} = 0,160 \text{ m.}$$

Największa różnica:  $0,160 - 0,0149 = 0,1451 \text{ m.}$

Zwis drutów roboczych jest tak mały, że może nie być brany w rachubę. Największa więc różnica w wysokości drutu roboczego nad szynami wyniesie:

$$790 + 145 = 935 \text{ mm.}$$

Regulując naprężenie ręcznie dwa razy do roku tak, jak się to robi przy sieciach tramwajowych, można tę różnicę jeszcze zmniejszyć do połowy.

Jeżeli sieć ma samoczynne regulowanie naprężenia, to naprężenie pozostaje zawsze stałe, w wyżej przytoczonym przykładzie n. p. 40 kg. na mm<sup>2</sup>. Zwis bez sadzi będzie oczywiście również stały i wyniesie

$$\frac{100^2 \cdot 0,0342}{8,40} = 1070 \text{ mm.}$$

Przy sadzi nie zmieni się również naprężenie, natomiast zwiększy się zwis, który teraz wyniesie.

$$\frac{100^2 \cdot 0,0675}{8,40} = 2110 \text{ mm.}$$

Największa różnica wysokości wyniesie więc:  $2110 - 1070 = 1040 \text{ mm.}$ , będzie przeto nawet większa, jak bez samoczynnego regulowania.

Oprócz wyżej obliczonych sił, działa jeszcze na sieć siła wiatru. Podług niemieckich przepisów bezpieczeństwa należy liczyć jako parcie wiatru na druty 62,5. *d* kg. na metr drutu

$$d = \text{średnica drutu w metrach.}$$

W wyżej przeliczonym przykładzie wynosi średnica liny nośnej 0,013 m., liny pomocniczej 0,0093 m., każdego z drutów roboczych 0,012 m. Wiatr działa poziomo, druty więc robocze zakrywają się wza-

jemnie prawie całkowicie (nie zupełnie, gdyż zawieszenia ich są przedstawione), można więc przyjąć dla obu razem 0,018 m. Mamy więc:

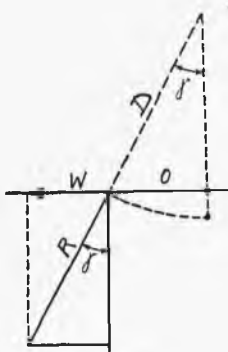
$$62,5 (0,013 + 0,0093 + 0,018) = 2,5 \text{ kg. na metr.}$$

Obie siły, wiatru i ciężkości, działają pionowo do siebie, dają więc wynikową:

$$R = \sqrt{3,3^2 + 2,5^2} = 4,15 \text{ kg., która działa pod kątem } \gamma \text{ do pionu:}$$

$$\sin \gamma = \frac{2,5}{4,15} = 0,604, \text{ rys. 210-ty.}$$

Wychylenie od pionu równe będzie ramieniu, na jakim działa siła wynikowa, a zatem zwisowi, pomnożonemu przez  $\sin \gamma$ .



Rys. 210.

Przy większych rozpiętościach są zawsze druty robocze utrzymywane w należytem bocz-nem położeniu przez odpowiednie ramionka, umo-cowane do słupów; jako zwis więc, czyli ramię siły, brać należy różnicę zwisu przy temperaturze „normalnej“ t. j. tej, przy której druty robocze nie mają zwisu, i temperaturze, przy której działa wiatr.

Zakładając, że druty robocze nie mają zwisu przy temperaturze  $+ 10^{\circ} \text{ C.}$ , a wiatr działa przy najwyższej temperaturze  $+ 40^{\circ} \text{ C.}$ , otrzymamy:

$$t = + 10^{\circ} \text{ C., } p = 20,5 \text{ kg., zwis } f = \frac{100^2 \cdot 0,0342}{8 \cdot 20,5} = 2,08 \text{ m.}$$

$$[\text{różnica: } 2,39 - 2,08 = 0,31 \text{ m.}]$$

Odchylenie:

$$o = 310 \cdot 0,604 = 187 \text{ mm.}$$

## ROZDZIAŁ XVIII.

### Wpływ na sieci prądów słabych.

1. **Uwagi ogólne.** Przy tramwajach i kolejach dojazdowych mieliśmy do czynienia ze względnie niewysokimi napięciami, przeważnie prądu stałego; linje kolei dojazdowych nie bywają zwykle zbyt długie, wpływ więc ich na ewentualnie w pobliżu przebiegające linje prądów słabych jest względnie niewielki i można mu dość łatwo przeciwdziałać chociażby n. p. przeniesieniem linji prądu słabego dalej od przewodów kolejowych.

Sieci tramwajowe bywają wprawdzie bardzo rozległe i znajdują się przytem w pobliżu również rozległych i rozgałęzionych sieci telefonicznych, te ostatnie bywają jednak w większych miastach już z innych względów układane podziemnie, co radykalnie usuwa możliwość wszelkich wpływów; gdzie zachowana zostaje sieć nadziemna, tam też niezbyt trudno przeciwdziałać wpływom sieci tramwajowej na nią.

O tych wpływach i środkach zaradczych przeciwko nim mówiliśmy już w części III-iej tego dzieła (rozdział VIII Sieć, § 23).

Postać rzeczy zmienia się jednak zupełnie, jeżeli od tramwajów i kolejek przejdziemy do kolei głównych; długość linii, wysokie napięcia, znaczne obciążenia, ułożenie linii telegrafu, telefonu i sygnalizacji na znacznych długościach równoległe do torów kolejowych w niewielkiej odległości od przewodów prądów mocnych, potęgują tak dalece wpływy prądów mocnych na sieci prądów słabych, że wpływy te mogą nieraz wprost uniemożliwiać prawidłowe działanie przyrządów prądów słabych i stać się powodem poważnych zaburzeń i wypadków (np. fałszywe działanie sygnalizacji).

Sprawa cała jest więc tu znacznie ważniejsza i bardziej skomplikowana, a przeto musimy do niej powrócić, aby się bliżej zapoznać z odnośnemi zjawiskami.

Przewody prądów mocnych mogą oddziaływać na znajdujące się w pobliżu przewody prądów słabych, jak już wiemy, w trojaki sposób, a mianowicie:

- 1) Przez indukcję elektrostatyczną,
- 2) Przez indukcję elektromagnetyczną,
- 3) Przez bezpośrednie przedostawanie się prądów mocnych do sieci prądów słabych.

W przewodach prądów słabych powstawać mogą skutkiem tych wpływów napięcia i prądy. Napięcia, względnie siły elektrobodźcze, nie oddziałują bezpośrednio na przyrządy prądów słabych, a mogą tylko powodować ich uszkodzenia, przebicia izolacji i t. p. oraz stać się niebezpieczne dla osób, posługujących się tymi przyrządami, względnie wypadkowo dotyczących się linii prądów słabych. Natomiast prądy mogą bezpośrednio oddziaływać na przyrządy i powodować ich nieprawidłowe działanie.

Najwrażliwsze z pośród przyrządów prądów słabych są telefony, które reagują już na prądy w granicach  $10^{-6}$  —  $10^{-7}$  amp. Przy zwykłej rozmowie wynosi prąd w mikrofonie średnio około 0,01 miliamp. Na prąd stały oczywiście telefony nie reagują. Ucho ludzkie chwytą tony o częstotliwości 16 — 16000, najwrażliwsze jest jednak na tony

o częstotliwości 600—700; średnia częstotliwość mowy wynosi 400. Prądy więc zmienne techniczne, o częstotliwości 15—50 słabo tylko wpływają na telefony, zkodliwymi zaś są głównie wyższe harmoniczne przy przebiegu nie czysto sinusoidalnym, gdyż te mają właśnie wysoką częstotliwość. Również i kolektory motorów prądu stałego wysyłają, jak wiemy, prądy zmienne o wysokiej częstotliwości, które, nakładając się na prąd stały, wytwarzają prąd pulsujący, bardzo dla telefonów szkodliwy. Tak więc prąd zmienny, jak i stały, może oddziaływać na telefony. Co do dzwonek telefonicznych, to zaczynają one działać przy napięciu tem niższem, im mniejsza jest częstotliwość, a mianowicie np. przy około 0,5 volta przy 15 okresach, 0,8 volta przy 18 okresach, 1,1 volta przy 25 okr., 2,5 volta przy 50 okresach i t. d.

Znacznie mniej czule są aparaty telegraficzne. Przy prądzie stałym przerywanym, jakim aparaty Morsa pracują, zaczynają one działać przy 3—10 miliamp. Przy prądzie zmiennym zaczyna kotwiczka drgać przy 1,1 volta dla 15 okresów, 1,9 dla 25 okr., 6,5 dla 50 okresów i t. d.

Najmniej wreszcie czule są wszelkie aparaty sygnalizacyjne; dzwonki zaczynają zwykle działać przy prądzie stałym lub zmiennym 25—48 miliamp., przyrządy zaś blokujące Siemens'a przy około 23 miliamp.

Sprawą wpływu kolei elektrycznych na sieci prądów słabych zajmowali się wyczerpująco tak różni fachowcy, jak i zainteresowane rządy, względnie komisje studjów nad elektryfikacją kolei, powstałe w różnych państwach. Odnośna literatura jest więc dość bogata. Bardzo bogaty materiał i ciekawe dane znaleźć można np. w publikacjach Komisji Szwajcarskiej\*), która poza badaniami teoretycznymi przeprowadziła cały szereg bardzo dokładnych prób i badań praktycznych. Komisja Francuska\*\*) znowu zajmowała się głównie środkami zaradczymi dla unieszkodliwienia wpływów. Ciekawą teorię oddziaływania wzajemnego na siebie przewodów i sposoby obliczania indukowanych sił elektrobodźcych i prądów opracował i podał F. Schrotke\*\*\*).

Nie mogąc tu wchodzić w szczegółowe rozpatrywanie całej teorii tych zjawisk, poprzestaniemy na zapoznaniu się ze sposobami zaradczymi i podaniu ostatecznych wzorów Schrotkego, pozwalających na obliczenie wzbudzonych sił i zorientowanie się w ich przebiegu, odsyłając dla bliższych szczegółów do wyżej wspomnianych dzieł.

---

\*) Berichte der Schweizerischen Studienkommission für elektrischen Bahnbetrieb Heft 4.

\*\*) Rapport du prof. M. Mauduit.

\*\*\*) Elektrotechnische Zeitschrift 1907 str. 685.

**2. Wpływ elektrostatyczny.** Przewodniki, będące pod napięciem, wywołują powstanie naokoło siebie pola elektrycznego, którego potencjał zmniejsza się w miarę oddalenia od przewodnika, od napięcia roboczego do 0 na ziemi i przewodnikach uziemionych. Przewód więc inny, znajdujący się w tem polu i biegnący równoległe do przewodu wzbudzającego, zostaje naładowany elektrycznie do potencjału, odpowiadającego jego położeniu względem przewodnika wzbudzającego.

Oznaczmy cyframi 1 i 2 przewodniki wzbudzający i wzbudzany, oraz literami:

$C_1$  i  $C_2$  pojemności tych przewodników względem ziemi,

$C_{12}$  pojemność przewodników względem siebie,

$R$  opór (izolację) przewodnika wzbudzanego do ziemi,

$E$  wartość rzeczywistą wzbudzającego napięcia (napięcie robocze),

$f$  ilość okresów prądu wzbudzającego  $\omega = 2\pi \cdot f$

i załóżmy na razie czysto sinusoidalny przebieg krzywych napięcia i prądu.

a) Przewód jednofazowy, powrót przez szyny, względnie ziemię, i równoległy doń przewód prądu słabego z powrotem również przez ziemię.

Wartość rzeczywista napięcia wzbudzonego w voltach wyraża się równaniem:

$$E_r = E \frac{\omega \cdot C_{12}}{\sqrt{\frac{1}{R^2} + \omega^2 (C_{12} + C_2)^2}}$$

Napięcie to osiągnie największą wartość dla  $R = \infty$ , t. j. dla przewodu absolutnie izolowanego:

$$E_{r, \max} = E \frac{C_{12}}{C_{12} + C_2} \quad \text{t. z. napięcie biegu jałowego.}$$

Prąd powstający skutkiem napięcia wzbudzonego przy oporze  $R$  wynosi:

$$I_r = \frac{E_r}{R} = \frac{\omega \cdot C_{12}}{\sqrt{1 + \omega^2 (C_{12} + C_2)^2 \cdot R^2}}$$

Prąd ten osiąga swe maksimum przy  $R = 0$ , t. j. przy zupełnym krótkim zwarciu:

$$I_{r, \max} = \omega \cdot C_{12} \cdot E \quad \text{t. z. prąd krótkiego zwarcia.}$$

Energja zużyta w przewodniku wzbudzonym wynosi:

$$A = E_r \cdot I_r = E^2 \frac{\omega^2 \cdot C_{12}^2}{\frac{1}{R} + \omega^2 (C_{12} + C_2)^2 R^2}$$

i osiąga maksimum dla oporu:

$$R_k = \frac{1}{\omega \cdot (C_{12} + C_2)} = \frac{E_r \max}{I_r \max} \quad \text{zwanego oporem krytycznym}$$

$$A_{\max} = E^2 \frac{\omega \cdot C_{12}^2}{2(C_{12} + C_2)}.$$

W rzeczywistości niema ani absolutnej izolacji  $R = \infty$ , ani zupełnego uziemienia  $R = 0$ , prawdziwe więc wartości  $E_r$  i  $I_r$  będą się znajdowały pomiędzy skrajniami.

Założywszy  $\frac{R}{R_K} = \operatorname{tg} \alpha$  mamy:

$$E_r = E_r \max \sin \alpha$$

$$I_r = I_r \max \cos \alpha.$$

i możemy obliczyć dla każdej wartości  $R$  tak napięcie wzbudzone  $E_r$  jak i prąd  $I_r$ .

b) Przewodnik wysokiego napięcia z powrotem przez szyny i ziemię, przewód prądu słabego od ziemi izolowany złożony z dwu przewodników, doprowadzającego i powrotnego.

Wypadek 1. Oba przewodniki prądu słabego są od siebie zupełnie izolowane.

Przewodniki prądu słabego oznaczamy cyframi 2 i 3:

$$\text{Dla } R = \infty \quad E_r \max_2 = E \cdot \frac{C_{12}(C_{13} + C_{23} + C_3) + C_{13} - C_{23}}{(C_{12} + C_2)(C_{13} + C_{23} + C_3) + C_{23}(C_{13} + C_3)}$$

$$\text{Dla } R = 0 \quad I_r \max_2 = \omega \cdot \left( C_{12} + \frac{C_{12} \cdot C_{23}}{C_{13} + C_{23} + C_3} \right) E.$$

Wartości dla przewodnika 3 otrzymamy, zmieniając odpowiednio indeksy. Praktycznie jednak są różnice pomiędzy  $E_{r2}$  i  $E_{r3}$  względnie  $I_{r2}$  i  $I_{r3}$  wobec małej odległości pomiędzy przewodnikami 2 i 3 w porównaniu do odległości od przewodnika 1 tak nieznaczne, że wystarcza przeprowadzić obliczenie dla jednego tylko przewodnika.

Wypadek 2. Przewodniki 2 i 3 są ze sobą bezpośrednio połączone,  $C_{23} = \infty$ :

$$E_r \max. = \frac{C_{12} \cdot C_{13}}{C_{12} + C_{13} + C_2 + C_3}, \quad I_{\max.} = \omega \cdot (C_{12} + C_{13}) E.$$

Wartości rzeczywiste leżą pomiędzy skrajniami, gdyż przyrządy włączone pomiędzy oba przewodniki prądu słabego mają zawsze pewien skończony opór.



Oznaczmy przez:

$l$  = długość równoległe przebiegających przewodników, wyrażoną w kilometrach,

$r$  = promień przewodnika (okrągłego) w cent.,

$h$  = wysokość przewodnika nad ziemią w cent.,

$a$  = odległość jednego przewodnika od drugiego w cent.,

$D$  = odległość tego drugiego przewodnika od obrazu drugiego ze ziemią jako zwierciadłem w cent.,

$$a_1 = 2 \cdot \log. \text{ nat. } \frac{2h_1}{r_1} \quad a_2 = 2 \cdot \log. \text{ nat. } \frac{2h_2}{r_2} \quad b = 2 \log. \text{ nat. } \frac{D}{a}$$

to pojemność przewodnika pojedynczego, w pobliżu którego niema innego przewodnika, będzie:

$$C = 0,0483 \frac{1}{2 \log \frac{h}{r}} \text{ mikrofarad,}$$

a pojemności potrzebne dla rozwiązania wyżej podanych równań:

$$C_1 = 0,0483 \cdot l \cdot \frac{a_2 - b}{a_1 a_2 - b^2} \text{ mikrofarad — pojemność przewodnika wzbudzającego względem ziemi,}$$

$$C_2 = 0,0483 \cdot l \cdot \frac{a_1 - b}{a_1 a_2 - b^2} \text{ mikrofarad — pojemność przewodnika wzbudzanego względem ziemi,}$$

$$C_{12} = 0,0483 \cdot l \cdot \frac{b}{a_1 a_2 - b^2} \text{ mikrofarad — pojemność przewodników względem siebie.}$$

Przykład:

Wzdłuż linii kolejowej w odległości 5 m. od drutu roboczego biegnie linja telefoniczna pojedyncza z powrotem przez ziemię. Średnica drutu telefonicznego 3 mm., drutu roboczego 11,3 mm., wysokość obu nad ziemią 6 m., rys. 211-ty.

$$l = 20 \quad r_1 = 0,56 \quad r_2 = 0,15$$

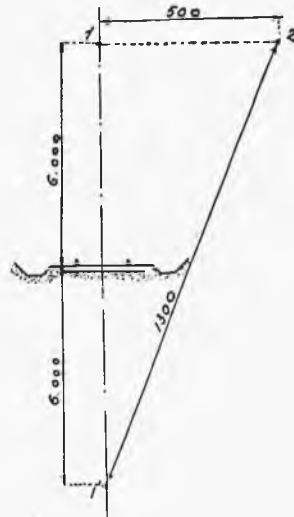
$$h = 600 \quad a = 500 \quad D = 1300$$

$$a_1 = 2 \cdot \log. \text{ n. } \frac{1200}{0,56} = 13,53$$

$$a_2 = 2 \cdot \log. \text{ n. } \frac{1200}{0,15} = 17,95$$

$$b = 2 \cdot \log. \text{ n. } \frac{1300}{500} = 1,923$$

$$C_1 = 0,06337, \quad C_2 = 0,04588, \quad C_{12} = 0,005689.$$



Rys. 211.

Przy napięciu roboczym 16000 voltów i 16 okresach będzie:

$$E_{r \max} = 16000 \cdot \frac{0,005689}{0,005689 + 0,04588} = 1776 \text{ voltów}$$

$$I_{r \max} = 16000 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 15 \cdot 0,005689 \cdot 10^{-6} = 0,0085 \text{ amp.}$$

Jeżeliby zamiast powrotu przez ziemię był przeciągnięty drugi drut telefoniczny w nieznacznej odległości od pierwszego, to otrzymalibyśmy dla oporu 0 między drutami:

$$E_{r \max} = 524 \text{ voltów.}$$

Wartości  $E_r$  można zawsze bez większych trudności wymierzyć przy pomocy statycznego voltomierza; natomiast niemożna oczywiście nigdy wymierzyć  $E_{r \max}$ , gdyż nigdy nie można mieć doskonałej izolacji  $R = \infty$ . Wartość tę można jednak łatwo obliczyć, jak to wyżej pokazano.

Z wyżej podanych wzorów wynika, że:

1) Wzbudzone napięcie jest tem wyższe, im lepsza jest izolacja linii prądu słabego.

2) Napięcie wzbudzone jest przy doskonałej izolacji niezależne od częstotliwości prądu wzbudzającego i niezależne od długości przewodników (długość  $l$  w liczniku i obu wyrazach mianownika!), jeżeli przewodnik wzbudzany nie jest dłuższy od wzbudzającego.

3) Napięcie wzbudzone jest tem mniejsze, im większa jest pojemność względem ziemi przewodu wzbudzanego. Przewodniki zatem znacznie dłuższe od wzbudzających posiadając większą pojemność wykazywać będą mniejsze napięcie, jak równie długie lub krótsze.

4) Natężenie prądu wzbudzanego jest proporcjonalne do częstotliwości prądu wzbudzającego i długości przewodnika.

5) Prąd jest tem większy, im słabsza jest izolacja.

6) Jeżeli dwa wzbudzone przewody leżą zupełnie symetrycznie względem przewodu wzbudzającego, to wzbudzone w nich napięcia i prądy są zupełnie równe. Jeżeli więc dwu takich przewodów użyć jako doprowadzającego i powrotnego w linii prądu słabego, to ani napięcie, ani prąd żadnego wpływu na przyrządy wywierać nie mogą, gdyż znoszą się wzajemnie zupełnie.

Symetryczność daje się osiągnąć albo rzeczywiście symetrycznem umieszczeniem przewodników, albo też zmianą wzajemnego położenia przewodników 2 i 3 t. j. krzyżowaniem ich czyli skręcaniem.

7) Napięcie wzbudzone zmniejsza się szybko w miarę zbliżenia przewodnika wzbudzanego do ziemi (zwiększenie pojemności) oraz oddalenia jego od przewodnika wzbudzającego.

Tak n. p. przy przewodniku wzbudzającym, umieszczonym w wysokości 6 m. nad ziemią i napięciu wzbudzającym 12000 voltów, wynosi napięcie wzbudzone w dobrze izolowanym przewodniku, przeprowadzonym na tejsze wysokości w odległości 6 m., około 1400 voltów, a w odległości 60 m. już tylko około 35 voltów. (Wyniki pomiarów).

8) Jeżeli izolacja przewodnika wzbudzanego jest na całej jego długości zupełnie jednostajna, to prąd ładujący wpływa równomiernie na całej długości. W kierunku podłużnym, wzdłuż przewodnika, nie płynie wtedy żaden prąd tak, że przez przyrządy włączone w taki przewód prąd nie przepływa. Jeżeli jednak izolacja nie jest zupełnie jednostajna, to prąd ładujący wpływa w punktach słabszej izolacji i rozchodzi się od tych punktów na prawo i lewo, płynąc wtedy wzdłuż przewodnika; prąd ten staje się słabszy w miarę oddalania się od punktów wpływu.

Jeżeli więc, jak to zwykle ma miejsce, linja (pojedyncza z powrotem przez ziemię) uziemiona będzie na obu końcach przez włączone w nią przyrządy, to przez te przyrządy płynąć będzie prąd ładujący najwyżej równy  $\frac{1}{2} I_{r, \max}$ . Jeżeli do dobrze izolowanej linii dotknie się człowiek, to przez ciało jego przepłynie pewien prąd równy  $I_r$ ; aczkolwiek napięcie tej linii jest od długości niezależne, to natężenie tego prądu będzie tem większe, im dłuższa jest linja. Że zaś na organizm szkodliwie działa natężenie prądu, a nie wysokość napięcia, przeto niebezpieczniej jest dotknąć linii długiej, jak krótkiej (zabójczy jest prąd 50 — 100 miliamp.).

Pamiętać przytem należy, że mamy tu do czynienia z ładunkiem statycznym, że więc dotknięcie takiego przewodu jest bez porównania mniej niebezpieczne, jak przewodu o takim samym napięciu maszynowym; natężenie prądu nie może przecie w żadnym wypadku przekroczyć wartości  $I_{r, \max}$ .

Dotychczas wychodziliśmy z założenia czysto sinusoidalnego przebiegu krzywych prądu i napięcia. Jeżeli tak nie jest, jeżeli mamy do czynienia z więcej lub mniej zniekształconemi krzywemi, to krzywe takie można zawsze rozłożyć na zasadniczą krzywą sinusoidalną o częstotliwości generatora i szereg harmonicznych o mniejszej amplitudzie, ale większej częstotliwości stanowiącej wielokrotności głównej. Tak samo można rozłożyć i przebieg napięcia wzbudzonego tak, że wyżej przytoczone wzory dadzą się zawsze zastosować. Aczkolwiek amplitudy wyższych harmonicznych są naogół małe, to jednak może zniekształcenie krzywej znacznie spotęgować wpływ na przyrządy prądów słabych, skutkiem wielkiej częstotliwości, która zwiększa prąd wzbudzony  $I_r$ , a to tembardziej, że częstotliwość tych harmonicznych leży przeważnie w granicach największej wrażliwości membran telefonów.

**3. Wpływ elektrodynamiczny czyli elektromagnetyczny.** W przeciwieństwie do wpływu elektrostatycznego, zależnego tylko od wysokości napięcia, a nie od natężenia prądu, jest wpływ elektromagnetyczny zależny tylko od natężenia prądu wzbudzającego. Przy danej mocy będzie więc ten wpływ tem silniejszy, im niższe jest zastosowane napięcie (większy prąd).

Obwód trakcyjny składa się zwykle z przewodów zasilających i drutu roboczego z jednej, oraz szyn, względnie ziemi z drugiej strony. Prąd płynący w takim obwodzie ulega ciągłym zmianom skutkiem zmiennego zapotrzebowania energii przez pociągi, ruszania, zatrzymywania i t. p., a przy prądzie zmiennym pozatem skutkiem przebiegu krzywej prądu; pozatem zmieniają się ustawicznie punkty obciążenia skutkiem przesuwania się pociągów.

Wszystkie te zmiany wywołują odpowiednie zmiany natężenia pola magnetycznego, otaczającego przewodniki; jeżeli więc w tem polu znajdować się będzie inny przewodnik, to musi w nim powstać siła elektrobodźcza, względnie prąd proporcjonalny do zmian pola.

Przy pomocy wzorów Schrotkego możemy obliczyć i tu wzbudzoną siłę elektrobodźczą, ale tylko wychodząc z założenia, że cały prąd powraca przez szyny; jeżeli w rzeczywistości tak nie jest, t. j. jeżeli znaczna część prądu powraca przez ziemię, to wzory dają zupełnie nieścisłe wyniki.

Oznaczmy przez:

$E$  — wartość efektywną napięcia wzbudzonego w voltach,

$L_m$  — całkowity współczynnik indukcji między przewodami wzbudzającymi i wzbudzonymi,

$I$  — natężenie prądu wzbudzającego w amperach,

$D_1, D_2$  — odległości przewodnika wzbudzanego od szyn w centymetrach,

$a$  — odległość przewodu wzbudzanego od drutu roboczego, względnie przewodu zasilającego w centymetrach,

$l$  — długość równolegle biegnącego przewodnika wzbudzanego w centymetrach.

Dla przewodnika pojedynczego z powrotem przez ziemię jest:

$$E = L_m \cdot \omega \cdot I.$$

Ponieważ odległość drutu wzbudzanego od szyn bywa zwykle w porównaniu do odległości między szynami duża, przeto można zastąpić odległość  $D_1, D_2$  średnią odległością:  $\frac{D_1 + D_2}{2}$ :

$$L_m = \frac{2 \cdot l}{109} \cdot 2,3 \log.\text{nat.} \frac{D_1 + D_2}{2 \cdot a} \text{ henry.}$$

Przykład:

$$l = 3 \text{ km.} = 300000 \text{ cm.},$$

$$h_1 - \text{ wysokość przewodu wzbudzanego nad ziemią} = 600 \text{ cm.},$$

$$h_2 - \text{ " " wzbudzającego " " } = 500 \text{ cm.},$$

$$a = 300 \text{ cm.}, \text{ częstotliwość } f = 15, \text{ prąd } I = 30 \text{ amp.}$$

$$\frac{D_1 + D_2}{2} = 660 \text{ cm.},$$

$$L_m = \frac{2 \cdot 300000}{109} \cdot 2,3 \log. \text{ nat.} \frac{660}{300} = 0,475 \cdot 10^{-3} \text{ henry},$$

$$E = 0,475 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 15 \cdot 30 = 1,34 \text{ voltów.}$$

Zwiększając  $a$  do 1000 cm. otrzymamy:

$$\frac{D_1 + D_2}{2} = 1170,$$

$$L_m = 0,084 \cdot 10^{-3} \text{ henry}; \quad E = 0,237 \text{ volta.}$$

Jeżeli linja prądu słabego niema powrotu przez ziemię, lecz jest podwójna, to wzbudzone w obu przewodach siły elektrodźwiczne odejmują się, czyli współczynnik całkowitej indukcji jest różnicą poszczególnych współczynników tak, że wzbudzone napięcie znacznie się zmniejsza. Jeżeli n. p. w poprzednim wypadku założymy drugi przewód powrotny w odległości 30 cm. od pierwszego, a odległość tego drugiego przewodnika od drutu roboczego będzie 325 cm., to:  $\frac{D'_1 + D'_2}{2} = 675 \text{ cm.}$

$$L'_m = \frac{2 \cdot 300000}{109} \cdot 2,3 \log. \text{ nat.} \frac{675}{325} = 0,438 \cdot 10^{-3} \text{ henry};$$

$$L = L_m - L'_m = (0,475 - 0,438) 10^{-3} = 0,037 \cdot 10^{-3} \text{ henry},$$

czyli  $\frac{1}{12,8}$  poprzedniej wartości.

Wzbudzone napięcie byłoby więc tylko:

$$E = \frac{1,34}{12,8} = 0,105 \text{ volta.}$$

Przy oporze włączonych przyrządów np. 270 omów wyniósłby prąd:

$$\frac{0,105}{270} = 0,00039 \text{ amp.}$$

Zniekształcenie krzywej prądu działa tu podobnie, jak przy indukcji statycznej; wprawdzie amplituda wyższych harmonicznych bywa mała,

ale zato ich częstotliwość wielka tak, że mogą nieraz wzbudzać znaczne napięcia dorównywuujące lub nawet przewyższające zasadnicze.

W rzeczywistości uchodzi zawsze mniejsza lub większa część prądu z szyn do ziemi i zwiększa poniekąd powierzchnię obwodu wzbudzającego, a zatem i współczynnik indukcji. Ma to miejsce zwłaszcza przy prądzie zmiennym; prąd zostaje skutkiem działania naskórkowego jak-gdyby wyparty z szyn i to tem silniej, im większą ma częstotliwość, najbardziej więc prąd wyższych harmonicznych. Liczne doświadczenia wykazały, że pomimo najlepszych nawet łączników szynowych prąd w odległości jakich 3—4 kilometrów od pociągu wynosi w szynach ledwo ułamkową część prądu zużytego. Jeżeli oprócz tego również i sieć prądu słabego używa ziemi jako przewodu powrotnego, to zwiększa się także powierzchnia tych przewodów a działanie dynamiczne jeszcze bardziej wzmacnia.

Wbrew więc powyższym wzorom działa oddalenie przewodów prądu słabego od sieci kolejowej tylko bardzo słabo na zmniejszenie indukcji elektromagnetycznej.

Liczne bardzo pomiary praktyczne wykazują, że siła elektrobodźcza wzbudzona elektrodynamicznie w przewodzie odległym o jakie 10 m. wynosi przy 16 okresach około 0,1 volta na 1 amper prądu wzbudzającego i kilometr równoległego przebiegu. W poprzednim przykładzie mieliśmy więc  $3 \cdot 30 \cdot 0,1 = 9$  voltów zamiast obliczonych 0,237 volta, czyli około 40 razy więcej; dla odległości 200 m. zmniejsza się to napięcie zaledwo o połowę. Okazało się dalej, że indukcja jest znacznie mniejsza w drutach, ułożonych w płaszczyźnie pionowej (nad sobą), aniżeli w poziomej (obok siebie). Jak widzimy, obliczenia służyć mogą tylko dla ogólnej orientacji, nigdy zaś dla otrzymania wartości liczbowych.

Z wyżej powiedzianego wynika, że:

1) Przy prądzie stałym mogą powstawać wpływy elektromagnetyczne tylko skutkiem prądów zmiennych, powstających na kolektorach motorów, oraz w razie gwałtownych krótkich zwarć na linii, natomiast przy prądzie zmiennym powstają takie wpływy zawsze.

2) Wzbudzone prądy i napięcia są znacznie mniejsze w przewodach podwójnych, jak pojedynczych z powrotem przez ziemię.

3) Prądy te stają się  $= 0$ , jeżeli oba druty leżą zupełnie symetrycznie do przewodu wzbudzającego, co można osiągnąć krzyżując ze sobą przewody prądu słabego w pewnych odstępach.

4) Wzbudzone napięcia są wprost proporcjonalne do natężenia prądu wzbudzającego i jego częstotliwości, od odległości zaś przewodów od siebie zależne tylko teoretycznie, praktycznie zaś w normalnych granicach tylko bardzo mało.

**4. Bezpośrednie przechodzenie prądów silnych do sieci prądów słabych.** Ponieważ, jak już wiemy, zawsze większa lub mniejsza część prądów przechodzi z szyn do ziemi, przeto część tych prądów może łatwo dostać się przez płyty uziemiające do sieci prądów słabych, używających ziemi jako drugiego przewodu. Odsunięcie płyt uziemiających od szyn chociażby na znaczne odległości nie zapobiega temu, gdyż zwłaszcza prądy zmienne rozchodzą się nieraz bardzo daleko. Natomiast jest oczywiście takie przedostawanie się niemożliwe przy przewodach podwójnych, bez powrotu przez ziemię.

Przypadkowe zetknięcie się przewodów prądów słabych z przewodami kolejowymi wywołałoby naturalnie również przejście prądów silnych do sieci prądów słabych. Ponieważ jednak skrzyżowania są przy kolejach stosunkowo dość rzadkie, przeto nietrudno zapobiec takiemu zetknięciu się n. p. przez odpowiednio umieszczone siatki ochronne i t. p. środki, o których była już mowa w rozdziale VII.

**5. Sposoby przeciwdziałania wpływom prądów mocnych.** Sposoby przeciwdziałania szkodliwym wpływom prądów mocnych dadzą się podzielić na dwie kategorie, a mianowicie:

- a) Urządzenia w liniach wzbudzanych, a zatem prądu słabego i
- b) Urządzenia w linii prądu mocnego.

Co do pierwszych, to widzieliśmy już, że najskuteczniejsze jest ułożenie linii prądu słabego w kablach obołowionych. Uziemiona warstwa ołowiu stanowi znakomitą ochronę, a bliskość obu przewodów neutralizuje wszelkie wpływy. Kabel może być ułożony pod ziemią albo też napowietrznie, zawieszony na słupach, przyczem jednak należy pamiętać o starannem uziemieniu powłoki ołowianej.

Równie skutecznie działa usunięcie przewodów prądów słabych i ułożenie ich w znacznej odległości od sieci kolejowej; odległość ta musi jednak być bardzo znaczna, gdyż indukcja elektrostatyczna zmniejsza się wprawdzie proporcjonalnie do odległości, elektrodynamiczna jednak tylko bardzo nieznacznie tak, że kilka metrów nie gra tu żadnej roli.

Oba te sposoby są jednak bardzo kosztowne i nie zawsze zastosować się dadzą; tak n. p. usunięcie linii telegrafu i telefonu kolejowego z plantu bywa przeważnie niemożliwe.

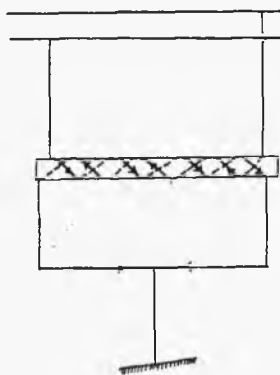
Znacznie zmniejsza wpływy zamiana linii pojedynczej z powrotem przez ziemię linią podwójną od ziemi izolowaną. Przy licznych liniach można często posługiwać się przytem jedną wspólną linią powrotną, aczkolwiek zupełne oddzielenie linii jest zawsze skuteczniejsze.

Indukcję zmniejsza jeszcze bardziej symetryczne ułożenie obu drutów względem przewodu prądu mocnego, co osiąga się najlepiej ich krzyżowaniem n. p. co jakie 250 m.

W zasadzie naładowania statyczne nie powoduje przepływu prądu wzdłuż przewodnika, a zatem przez przyrządy prądów słabych; ponieważ jednak izolacja nie jest nigdy wszędzie i na całej długości linii jednakowa, przeto w praktyce powstają takie prądy zawsze. Należy przeto starać się o możliwie dobrą izolację, unikając głównie wszelkich miejsc słabszej izolacji (n. p. uszkodzone izolatory, dotykanie się gałęzi drzew i t. p.).

Naogół nie bywają wzbudzane napięcia tak wysokie, aby mogły szkodzić włączonym w linię przyrządom. Aby ochronić osoby używające tych aparatów, głównie telefonów (jako mających większy opór) od ewent. niemiłych wstrząśnień, stosowane bywają izolowane podnóżki albo też specjalne telefony t. z. wysokiego napięcia.

Bardzo skuteczne jest włączenie w linię przed każdym aparatem małego transformatora i zwoju indukcyjnego. Transformator ma przekładnię 1 : 1 i przyłączony zostaje do obu przewodów linii; wtórne uzwojenie przyłącza się do aparatu telefonicznego, uzwojenia przedzielone są płytą żelazną, połączoną z rdzeniem i wraz z nim uziemioną i połączoną z metalicznymi częściami aparatu.



Rys. 212.

Zwój indukcyjny, rys. 212-ty, składa się z rdzenia żelaznego i symetrycznie na nim nawiniętego uzwojenia o niewielkim oporze n. p. około 200 omów, ale dużej samoindukcji. Zaciski uzwojenia łączy się z linią, środek zaś zostaje uziemiony.

Prądy telefoniczne o wysokiej częstotliwości nie mogą przepływać przez taki zwój, podczas kiedy prąd ładujący o małej częstotliwości łatwo przez uzwojenie przechodzi uchodząc do ziemi, tembardziej, że indukcja obu połów znosi się wzajemnie, jak to widać ze szkicu.

Przy pomocy takich zwojów, zwanych także „wyładowywaczami“, można napięcie statyczne doprowadzić prawie do 0 i usunąć zupełnie działanie prądów ładujących, za wyjątkiem chyba pochodzących od wyższych harmonicznych o bardzo wysokiej częstotliwości, które również przez zwój przejść nie mogą.

Dla zachowania dobrej izolacji linii włączane bywają w uziemienia wyładowywacze kondensatory, przez które prąd ładujący, jako zmienny łatwo przechodzi.

Dobrze działa zresztą już i samo włączenie kondensatorów w linię, gdyż zwiększenie pojemności powoduje zmniejszenie napięć statycznych; należy tylko przytem pamiętać o ściśle zachowaniu symetrii w obu przewodach, aby nie wywołać przepływu prądów ładujących wzdłuż przewodów.



Podobne urządzenia przeciwnapięciowe są zwykle dla linii telegraficznych zbyteczne, gdyż linje te są i tak przez aparaty uziemione, napięcie więc wysokie być nie może; natomiast należy tu możliwie ograniczyć prądy ładujące i elektromagnetyczne (prądy te przeważnie nie są ze sobą w fazie) do wartości nieszkodliwej dla danych aparatów, Osiągnąć to można włączając w linję przy aparatach, a w razie potrzeby i pomiędzy nimi, odpowiednie impedancje, t. j. zwoje z oporem omowym i samoindukcją. Stosunek oporu  $R$  do spólczynnika samoindukcji  $L$  tych zwojów,  $\frac{R}{L}$  winien być równy temu stosunkowi dla aparatów. Włączenie takich zwojów wymaga odpowiedniego wzmocnienia baterji aparatowych.

Ponieważ siła elektrobodźcza wzbudzona elektromagnetycznie równa jest  $L_m \cdot \omega \cdot I$  przeto możnaby ją uczynić  $= 0$ , jeźliby  $L_m$  stało się  $= 0$ .

$$L_m = \frac{2 \cdot l}{10} 2,3 \log. \text{nat.} \frac{D_1 + D_2}{2 \cdot a}$$

$L_m$  będzie więc  $= 0$ , jeźli  $D_1 + D_2 = 2 \cdot a$ .

Takie ułożenie byłoby jednak możliwe tylko, jeźliby cały prąd powracał przez szyny lub jeszcze lepiej przez specjalne przewody powrotne, co naogół nie jest możliwe do osiągnięcia.

Co do linji prądu mocnego, to należy przedewszystkiem starać się o możliwie sinusoidalny przebieg krzywych napięcia i prądu. Widzieliśmy już, że bardzo dużo da się osiągnąć przez odpowiednie ukształtowanie rowków tworników motorów, rys. 111-ty str. 105 t. I.

Stosować też można, jak to zrobiono n. p. we Francji na Chemins de fer du Midi, t. z. drut przeciwnapięciowy. Jestto drut przeprowadzony równolegle do drutu roboczego i możliwie blisko niego, otrzymujący ze specjalnego transformatora napięcie, przeciwne napięciu roboczemu; ustosunkowując odpowiednio te napięcia, można osiągnąć prawie całkowite zrównoważenie napięcia statycznego. Na Chemins de fer du Midi pracujących z napięciem roboczem 12000 voltów wynosi napięcie drutu przeciwnapięciowego około 18000 voltów.

Indukcji elektromagnetycznej przeciwdziałają bardzo skutecznie t. zw. transformatory ssące, zastosowane również na Chemins de fer du Midi.

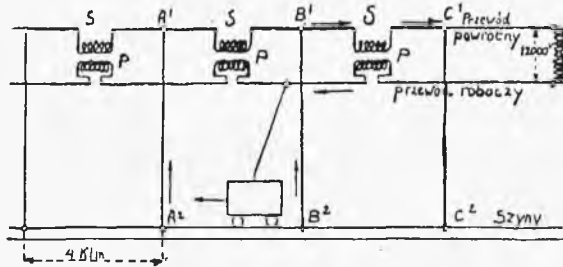
Wzdłuż linji ustawione są co 4000 m. transformatory o przekładni 1 : 1, rys. 213-ty.

Uzwojenia pierwotne  $P$  tych transformatorów włączone są w drut roboczy, a wtórne  $S$  w specjalny przewodnik powrotny, umieszczony na słupach możliwie blisko drutu roboczego i liny nośnej. Przewód ten powrotny połączony jest z szynami każdorazowo w połowie odległości między dwoma transformatorami ssącymi.

Skutkiem działania transformatora, nie płynie prąd drogą  $B_2 - C_2$  lecz  $B_2 - B_1 - C_1$ . Tam, gdzie pociąg nie minął jeszcze transformatora prąd powrotny nie pójdzie wprawdzie przez transformator, ale prawie całkowicie przez szyny i połączenie  $B_1 - B_2$ ; skoro jednak tylko pociąg minie transformator, prąd pójdzie znowu drogą  $A_2 - A_1$ . W ten sposób prąd powrotny zostaje prawie zupełnie usunięty z szyn na wszystkich sekcjach, gdzie niema w danej chwili pociągów, co ogromnie zmniejsza indukcję.

Zamiast transformatorów ssących można również stosować, jak n.p. na kolei New York New Haven and Hartford, bardzo gęsto rozstawione transformatory zasilające, co oczywiście zmniejsza prądy powrotne w szynach.

Naogół powiedzieć można, że przeciwdziałanie wpływom na sieci prądów słabych jest przy prądzie stałym łatwe; sprawa komplikuje się



Rys. 213.

dopiero znacznie, kiedy mamy do czynienia z prądami zmiennymi. Wartość indukowanych napięć i prądów da się rzadko tylko z góry obliczyć, można tylko zdać sobie sprawę, co może się przyczynić do ich zmniejszenia. Niemniej jednak można stanowczo twierdzić, że wszelkie wpływy dadzą się zawsze unieszkodliwić większym lub mniejszym kosztem bez uciekania się do usuwania przewodów prądów słabych. Przeważnie niema potrzeby stosowania wszystkich środków zapobiegawczych razem; które zaś winny być zastosowane, to się zwykle z góry przewidzieć nie da.

Trafny obiór tych środków jest już rzeczą projektującego względnie kierownika eksploatacji. Już jednak ze względu na możliwość przedostawania się prądów błędnych, których natężenie może znacznie przekroczyć natężenie prądów indukowanych, bywa przejście z linii pojedynczej z powrotem przez ziemię na podwójną niezbędną. Dodawszy do tego mało kosztowne skrzyżowania i odpowiednio rozmieszczone wyładowywacze można zwykle osiągnąć zupełnie już dobre działanie przyrządów prądów słabych, bez uciekania się do innych, kosztowniejszych urządzeń.

ROZDZIAŁ XIX.

## Zestawienie projektu linii kolejowych.

**1. Waga i ilość pociągów, obiór typu lokomotyw.** Mając opracować projekt elektryfikacji danej linii kolejowej, względnie część elektryczną projektu nowej linii kolejowej, należy przedewszystkiem zdać sobie sprawę z wagi, jaką mają mieć pociągi i niezbędnej ich ilości, a następnie typu lokomotyw, jakie mają być użyte, gdyż od tego zależą wszelkie dalsze obliczenia. Niezbędne jest do tego posiadanie profilu linii z oznaczeniem wzniesień i łuków oraz położeniem poszczególnych stacji i dane co do przewidywanego przewozu tak osobowego, jak i towarowego. Jeżeli rzecz idzie o obliczenia przybliżone, to zamiast szczegółowego profilu wystarczy mogą dane co do największych wzniesień i ich długości, najostrejszych łuków i średniej odległości stacji.

Co do ruchu, względnie przewidywanych przewozów, to musimy traktować oddzielnie ruch osobowy i towarowy, gdyż każdy z nich podlega innym prawidłom i odpowiadać musi innym wymaganiom.

*a) Ruch osobowy.* Dla ruchu osobowego możemy stosować albo lokomotywy, jak przy trakcji parowej, albo też wagony motorowe w połączeniu z doczepnymi, jak przy tramwajach i kolejach dojazdowych. Przy ruchu dalekim należy się zwykle liczyć z tem, że przez daną linię trzeba przewieźć pociągi nadchodzące z linii sąsiednich, nie zelektryfikowanych. Dzielenie takich pociągów na pare krótszych byłoby już dlatego niepraktyczne, że każdy taki pociąg musi mieć wagon bagażowy, a niektóre pozatem wagony specjalne, jak restauracyjne, sypialnie i t. p. Z drugiej strony nie wymaga zwykle ruch daleki zbyt częstych pociągów; 6—8 par pociągów na dobę wystarcza zawsze dla zapewnienia jaknajdogodniejszej komunikacji, a jeżeli nieraz bywa pociągów znacznie więcej, to przeważnie dlatego, że wymaga tego ilość podróźnych. Ma się więc tu do czynienia zawsze z długimi, ciężkimi pociągami, złożonymi z kilku lub kilkunastu wagonów, dla ciągnięcia których najbardziej wskazane będą odpowiednio mocne lokomotywy.

Zupełnie inaczej przedstawia się cała sprawa w ruchu podmiejskim lub międzymiastowym (t. j. łączącym ze sobą dwa niezbyt odległe miasta, jak n. p. Warszawa-Łódź) i ruchu o charakterze wyraźnie lokalnym. Tu wymagana bywa przeważnie wielka ilość event. mniejszych pociągów, ruch zaś podlega często silnym wahaniom. Tak n. p. bywa ruch podmiejski najsilniejszy w godzinach rannych w kierunku do miasta, kiedy wszyscy spieszą ze swych mieszkań do zajęć w mieście, wieczorem zaś w kierunku od miasta, gdyż teraz wracają znowu mieszkańcy

okolicie podmiejskich do swych mieszkań; między temi dwoma falami, ranną i wieczorną, bywa ruch znacznie słabszy. Konieczna więc jest wielka zmienność składu pociągów i możność szybkiego ich dostosowania do wymagań ruchu, do czego nadają się wybitnie wagony motorowe w połączeniu z doczepnymi w połączeniu wielokrotnem, pozwalajacem sterować pociąg złożony z kilku wagonów motorowych z przedniego wagonu, a następnie dzielić go na kilka niezależnych jednostek. Jeżeli n. p. mamy jako zasadniczą jednostkę wagon motorowy z dwoma doczepnymi, to możemy mieć pociągi złożone z 3, 6 lub 9 wagonów, przy czem zużycie energii na tonno-kilometr będzie praktycznie biorąc jednakowe (małą różnicę spowoduje opór powietrza). Gdyby zamiast wagonów motorowych zastosować lokomotywy, to te ostatnie musiałyby mieć moc i wagę dostateczną, aby ciągnąć najcięższy pociąg, w danym przykładzie 9 wagonów, zużycie więc energii na tonno-kilometr ciągniony wzrosłoby znacznie przy zastosowaniu pociągów 3 lub 6 wagonowych. Pozatem dają zwykle wagony motorowe znacznie większe przyśpieszenia, jak lokomotywy, co jest bardzo ważne przy gęstych przystankach, gdyż daje pewne oszczędności energii i pozwala na osiągnięcie większych prędkości handlowych. Natomiast są zwykle wagony motorowe nieco droższe od lokomotyw (t. n. należałoby w danym przykładzie mieć 3 wagony motorowe zamiast jednej lokomotywy), a koszta ich utrzymania wypadają też nieco większe, jak lokomotyw.

Tem niemniej spotykamy wagony motorowe w ogromnej większości ruchu podmiejskiego. Pozatem mogą być wagony motorowe korzystniejsze tam, gdzie ma się do czynienia ze słabym ruchem o charakterze miejscowym, bez transyta; jeżeli n. p. wystarczają pociągi złożone z 3—4 wagonów, to oczywiście korzystniej będzie zastosować wagon motorowy, który równocześnie zastępuje jeden z doczepnych.

Ilość pociągów osobowych określona jest nietylko ich pojemnością i ilością podróźnych, ale także względami na dogodną komunikację, koniecznością dawania pociągów w określonych godzinach, potrzebą bezpośredniej komunikacji w kilku kierunkach i t. d. Często więc wypadnie określić najpierw ilość pociągów, a dopiero potem ich skład.

Jako wagony doczepne służą oczywiście normalne wagony kolejowe takie, jakie posiada dana kolej. Waga wagonów osobowych bywa bardzo rozmaita i waha się zwykle od 15—45 ton na wagon, w zależności od typu wagonu. Tak n. p. ważą:

Dwuosiowe wagony przedziałowe III klasy kolei Paris-Orleans o 90 miejscach 13,15 tonny, belgijski trój-osiowy 64 miejsca 22 tonny, bawarski 4-osiowy 84 miejsc 37,4 tonny, korytarzowy 2-osiowy kolei bawarskich 56 miejsc 14,3 tonny, 4-osiowy dawnej kolei kaliskiej 56 miejsc 38,2 tonny, II i III klasy kolei pruskich dwu-osiowy 13 + 26

miejsce 17,4 tonny, I i II klasy kolei państw. austriackich 2-osiowy 9+32 miejsca 24 tonny, I i II klasy kolei pruskich 4-osiowy 8+32 miejsca 41,86 ton, I klasy kolei gothardskiej 4 osiowy 36 miejsc 33 tonny, I klasy b. kolei w.-wiedeńskiej 2-osiowy 12 miejsc 16,7 ton, II klasy 4-osiowy b. kolei kaliskiej 42 miejsca 38,7 ton, wagony sypialne kolei pruskich 6-osiowe 20 miejsc 50 ton, stalowe wagony amerykańskie 48—65 ton i t. d. Wagony bagażowe ważą 10—15 ton.

Jako maksymalną wagę pociągów osobowych można uważać (w Europie) 500 tonn, pośpiesznych około 400 tonn, bez wagi lokomotywy. Przy liniach górzystych może być waga pociągów ograniczona wytrzymałością sprzęgieł, których obciążenie nie może przekraczać pewnych granic. Sprzęgła dawniejszej konstrukcji obliczone są na 14—15 tonn, nowszej na 20; w Ameryce dopuszczalne są znacznie większe obciążenia, dochodzące do 50 i więcej tonn. Siła pociągowa lokomotywy nie jest, jak to widzieliśmy, stała w chwili ruszania, lecz waha się w pewnych granicach, zależnych od ilości stopni regulatora. Przy maksymalnej sile pociągowej około 16000 kg. wahania te wynoszą zwykle 2000—3000 kg. Niezależnie od tego, czy pociąg ma stawać normalnie na największem wzniesieniu, czy też nie, należy się zawsze liczyć z możliwością przypadkowego takiego zatrzymania, a przeto zachować pewien zapas siły pociągowej, któryby pozwolił pociągowi ruszyć i nabrać prędkości. Wielkość tego zapasu zależna będzie od wymaganego przyśpieszenia, nie może jednak być mniejsza, jak około 2000 kg., nawet jeżeli takie ruszanie zdarzyć się może tylko przypadkowo. Jeżeli więc n. p. prędkość ma wynosić 50 km. g. na wzniesieniu 25‰, przy czem opór trakcji wynosi około 5 kg., a maksymalne obciążenie sprzęgieł nie może przekroczyć 15 ton, to największą możliwą wagę pociągu obliczyć możemy z wzoru:

$$W_{\max} \cdot (25 + 5) = 15000 - (2500 + 2000);$$

$$W_{\max} = \frac{10500}{30} = 350 \text{ tonn.}$$

Maksymalne prędkości zależą przedewszystkiem od budowy toru i taboru. Dla kolei magistralnych nie przekracza się zwykle 100—120 km. g. dla pociągów pośpiesznych i 65—75 km. g. dla pociągów osobowych. Na wzniesieniach zmniejszają się oczywiście te prędkości, specjalnych jednak co do tego przepisów naogół niema.

Zmniejszenie wynika wprost z charakterystyki obranych motorów i jest znacznie mniejsze dla trakcji elektrycznej, jak dla parowej. Natomiast prędkości na spadkach zawsze są ograniczone przepisami, różnymi dla różnych kolei. Przepisy te ograniczają również prędkość na ostrych łukach (poniżej n. p. 250 m.), przy przejeżdżaniu zwrotnic, mijaniu stacji i t. p.

W ruchu dalekim nie gra przyspieszenie tak wielkiej roli, jak przy tramwajach i kolejach dojazdowych. Ogólniejsze przepisy nie dadzą się i tu postawić, naogół jednak przyspieszenie w granicach 0,1—0,2 m. s.<sup>2</sup> będzie zupełnie wystarczające.

b) *Ruch towarowy.* Gęstość ruchu nie gra tu żadnej roli, będziemy się przeto zawsze starali mieć jaknajcięższe pociągi, gdyż oczywiście im mniej pociągów, tem tańsza staje się ich obsługa. Co do prędkości, to nie przekracza ona zwykle 45—50 km. g., a to ze względu tak na hamulce (w Europie nie miewają zwykle pociągi towarowe hamulców zespolonych, lecz tylko ręczne), jak i na wielką masę pociągu. Przyspieszenie gra jeszcze mniejszą rolę, jak przy ruchu osobowym, i przekracza rzadko tylko około 0,1 m. s.<sup>2</sup> Zwykle postępuje się tak, że określa się maksymalną wagę pociągu, na jaką pozwala największe wznieśnienie, a następnie sprawdza tylko, jakie się otrzyma przyspieszenie przy ruszaniu w normalnych warunkach. Określając wagę pociągu, należy również brać pod uwagę długość torów stacyjnych, względnie mijanek, gdyż oczywiście pociągi nie mogą być dłuższe od tych torów i mijanek.

Ustalenie wagi pociągów, względnie największej siły pociągowej na haku, określa już wagę napędną lokomotyw. O współczynniku przyczepności mówiliśmy już obszernie w części I-szej tego dzieła; dla kolei głównych przyjmuje się zwykle około  $\frac{1}{7}$ — $\frac{1}{6}$  w czasie biegu, a  $\frac{1}{5}$  do  $\frac{1}{4}$  w chwili ruszania ze względu na możliwość użycia piasku.

Siłę pociągową na haku należy oczywiście powiększyć o opór trakcji samej lokomotywy, której wagi na razie jeszcze nie znany. Wagę tę musimy przeto najpierw oszacować, a dopiero później sprawdzić. Jeżeli więc n. p. największa siła pociągowa na haku wynosi 16000 kg., to siłę tę zwiększamy n. p. o 700 kg., i otrzymujemy jako wagę napędną lokomotywy:

$$(16000 + 700) \cdot 7 = 116,9 \text{ ton.}$$

Spółczynnik oporu trakcji lokomotywy wynosiłby:

$$\frac{700}{116,9} = 6 \text{ kg. na tonnę.}$$

Należy sprawdzić, czy współczynnik ten odpowiada przyjętym prędkościom, a jeżeli nie, to odpowiednio zwiększyć wagę lokomotywy.

Znając już minimalną wagę napędną lokomotywy można obrać jej typ i w zależności od tego, czy obrany typ ma lub niema kół potocznych, określić wagę całkowitą, poczem należy raz jeszcze sprawdzić czy przyjęta początkowo waga napędna nie jest zbyt mała. Często wypada też zwiększyć obliczoną wagę minimalną ze względów konstrukcyjnych.

Maksymalna i normalna siła pociągowa (na obwodzie kół pędnych), maksymalna i normalna prędkość oraz typ lokomotywy pozwalają określić moc i ilość motorów i obrać ich typ. O sposobach obliczania motorów i określania ich mocy, jak również regulowaniu, obliczaniu oporów i t. d. mówiliśmy już obszernie w części I-szej tego dzieła. Przy obliczaniu oporów rozruchowych pamiętać należy o tem, że nie jest się związanym wymiarami regulatora, że zatem można i należy przewidzieć znacznie więcej kontaktów, jak przy tramwajach lub kolejkach. Poza tem niezbędne są zawsze kontakty wstępne, które dają siłę pociągową mniejszą od normalnej, n. p. przy sile pociągowej 16000 kg. 8000, 10000 12000 i 14000 kg., w przeciwnym bowiem razie, t. j. ruszaniu od razu pełną siłą, mogłyby łatwo pęknąć sprzęgła; takie stopniowanie potrzebne też jest dla manewrów, kiedy lokomotywa musi jechać sama. W razie zastosowania większej ilości motorów, miewa się również większą ilość prędkości jezdnych, n. p. przy 6-ciu motorach 3, a mianowicie odpowiadające połączeniu wszystkich motorów w szereg, trzech w szereg i dwu grup po trzy równolegle i dwu w szereg i trzech grup po dwa motory równolegle, czyli przy 3000 voltów, 500, 1000 i 1500 voltów na motor. Konieczne są też zwykle kontakty przejściowe przy przechodzeniu z jednego ugrupowania na drugie.

Szerokie zastosowanie ma tu bocznikowanie, nieraz w dwu stopniach dla każdego ugrupowania tak, że otrzymuje się w powyższym przykładzie aż 9 prędkości jezdnych. Przy ruszaniu dopuszczalne tu jest znaczne przeciążenie motorów, tem większe, im rzadsze są zatrzymania. Przeciążenie to obraca się w normalnych warunkach w granicach 1,8—2 - krotnego.

Wykres ruszania lokomotywy towarowej, zaopatrzonej w 6 motorów prądu stałego dla napięcia 3000 voltów, z pociągiem o wadze 1200 ton, widzimy na rys. 214-ym i 215-ym.

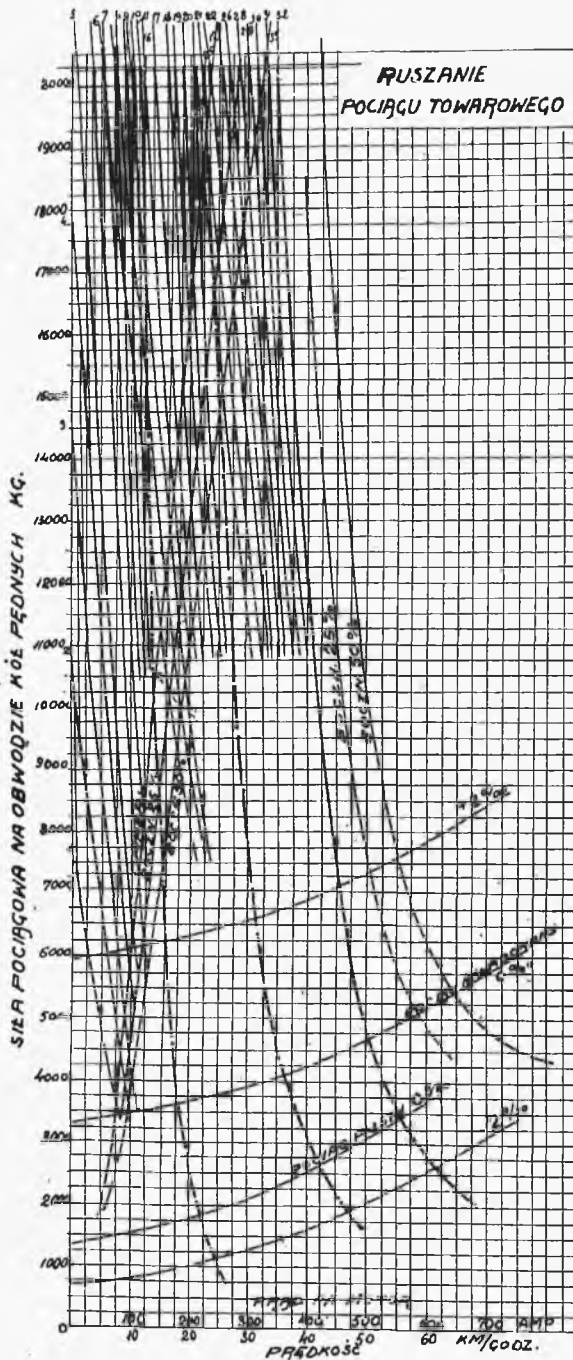
Wykres biegu z rozpędu na linii poziomej tegoż pociągu widzimy na rys. 216-ym.

Ruszanie pociągu towarowego z lokomotywą, zaopatrzoną w 6 motorów kolektorowych prądu zmiennego, widzimy na rys. 217-ym i 218-ym.

Z wykresów tych widzimy, że aczkolwiek prąd watowy jest znacznie mniejszy, jak przy prądzie stałym, to jednak prąd całkowity nie wiele się różni od prądu ruszania przy prądzie stałym, a to skutkiem wielkiego przesunięcia faz w czasie regulowania prędkości.

Obrawszy ostatecznie typ lokomotywy i motorów można wykreślić t. zw. charakterystykę lokomotywy, t. j. zależność prędkości, siły pociągowej i mocy od wzniesienia. Charakterystykę taką lokomotywy pośpiesznej z pociągiem o wadze 470 ton widzimy na rys. 219-ym.

Na spadkach jest prędkość ograniczona tylko przepisami bezpieczeństwa, nie mogąc więc przekroczyć wartości maksymalnej na pozio-



Rys. 214.

mie, daje linię prostą poziomą, załamującą się na spadkach granicznych, poczynając od których przepisy wymagają mniejszej prędkości.

Mając daną ilość towarów, jakie mają być przewiezione i określwszy maksymalną wagę pociągów, nie możemy jeszcze określić ich ilości, lecz musimy uprzednio zdać sobie sprawę z ich pojemności i stopnia załadowania.

Waga wagonów towarowych bywa bardzo rozmaita; tak n. p. ważą normalne dwuosiowe wagony o sile nośnej 15 ton:

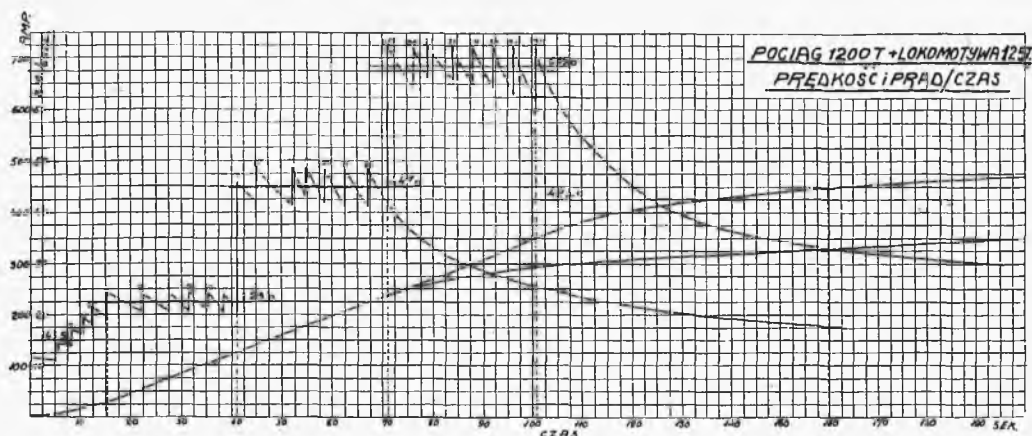
B. kolei kaliskiej kryte 7,2 tonny, niekryte 6,9 ton; węglarki b. kolei w. wiedeńskiej 7,9 ton; niekryte kolei pruskich 8,1 ton, kryte 8,7 ton.

Wagony 4-osiove nowej konstrukcji o sile nośnej 30 ton ważą:

Pruskie, kryte 14,9 ton, konstrukcji amerykańskiej, obecnie w Polsce używane, niekryte 13 ton.

Długość wagonu dwuosiowego wynosi 8,8 — 11 m., cztero-





Rys. 215.

osiowego amerykańskiej konstrukcji 12,12 m. Starsze wagony mają przy tej samej wadze i wymiarach siłę nośną tylko 10 ton; takie wagony wychodzą obecnie coraz bardziej z użycia.

Pociąg towarowy o wadze doczepnej 1000 ton składałby się więc z:

$$\frac{1000}{8,2 + 15} = 43 \text{ wagonów dwu-osiowych lub:}$$

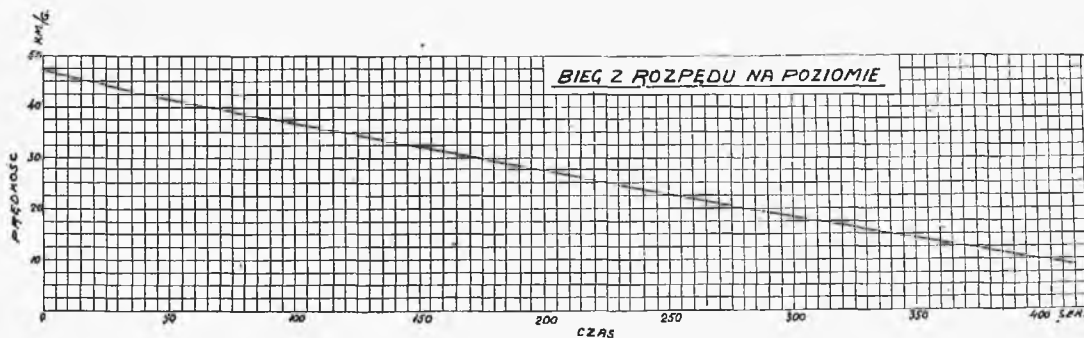
$$\frac{1000}{13 + 30} = 22 \text{ wagonów cztero-osiowych.}$$

Waga własna (tara) takiego pociągu wynosiłaby  $43 \times 8,2 = 353$  tonny, względnie  $22 \times 15 = 330$  ton.

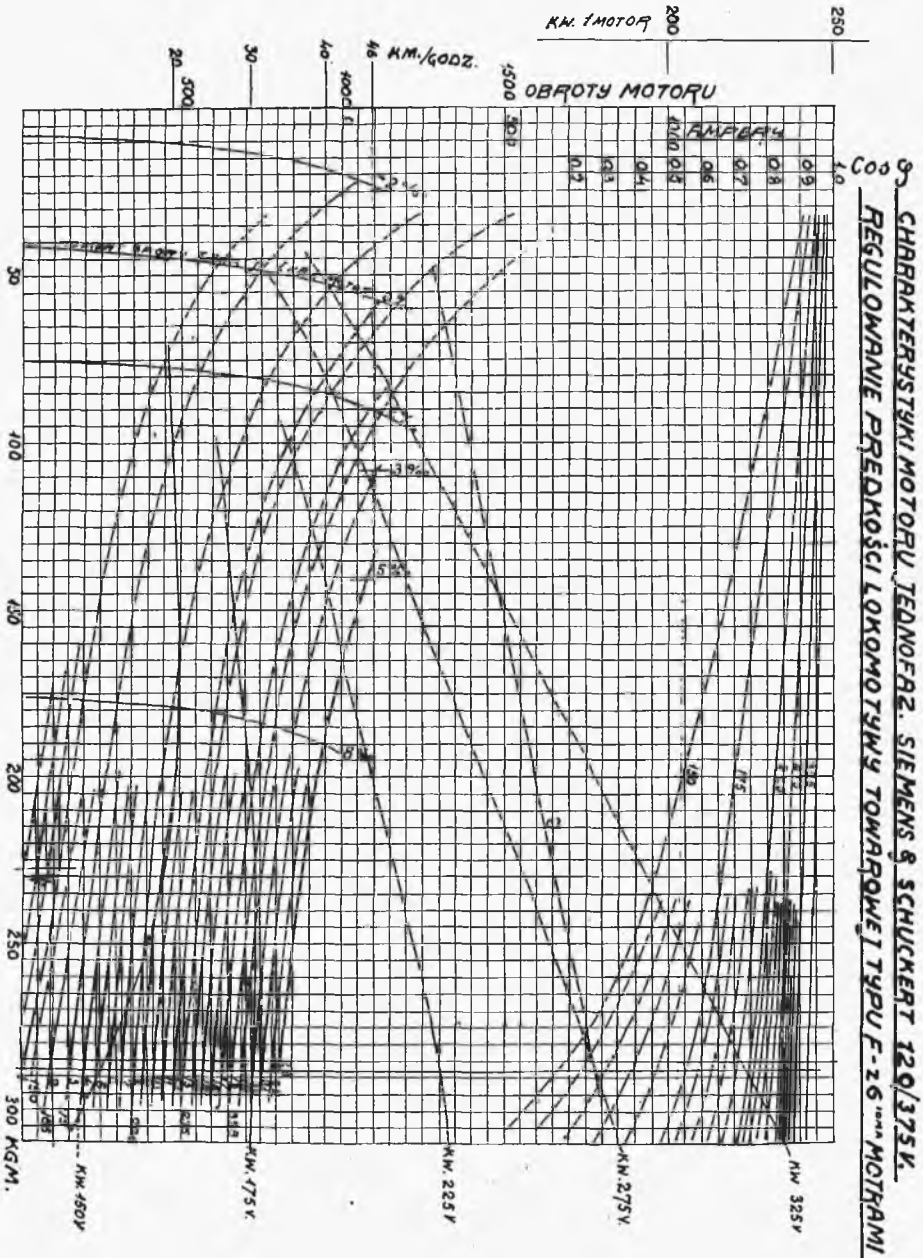
Gdyby więc wszystkie wagony były zupełnie naładowane, to waga towarów, jaką mógłby przewieźć taki pociąg, wynosiłaby:

$$1000 - 353 = 647 \text{ ton, względnie}$$

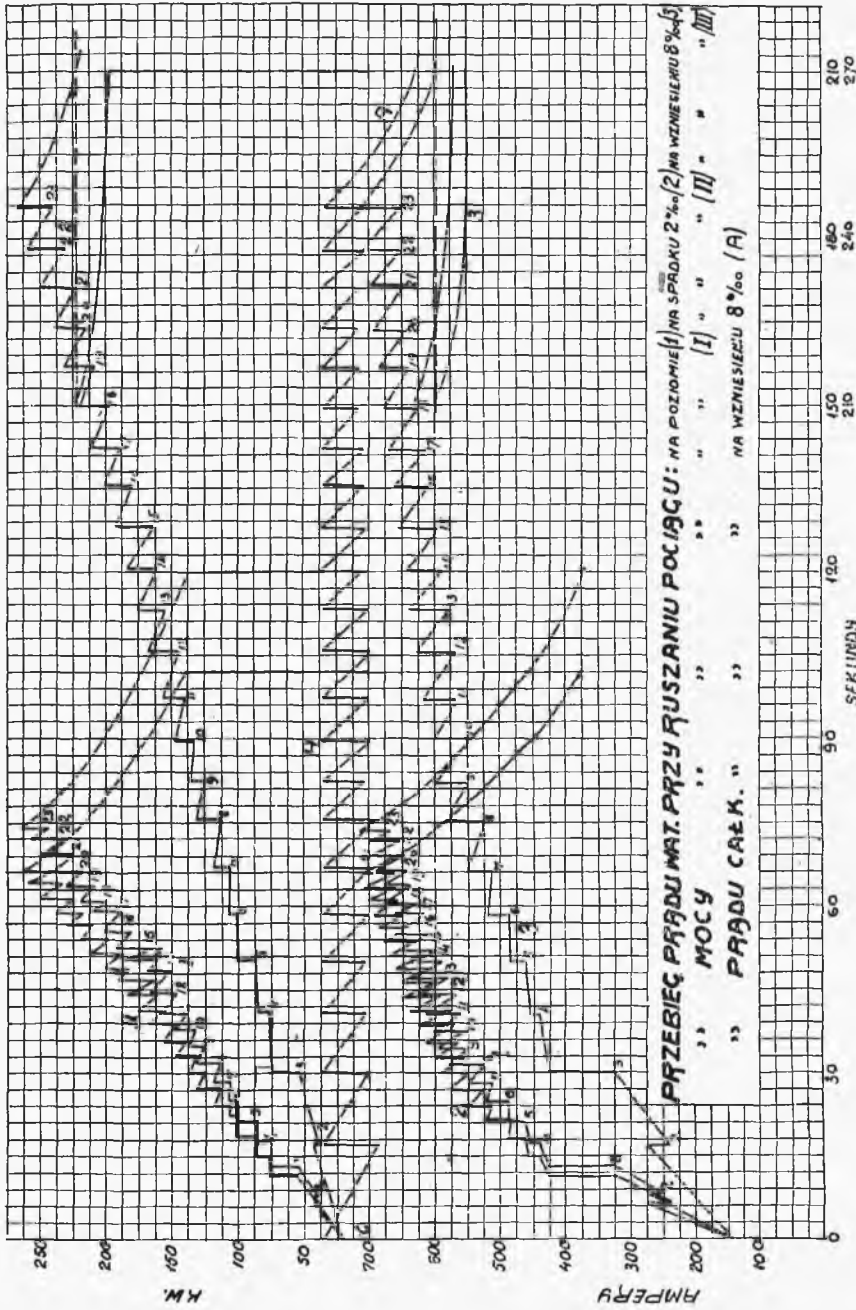
$$1000 - 330 = 670 \text{ ton.}$$



Rys. 216.

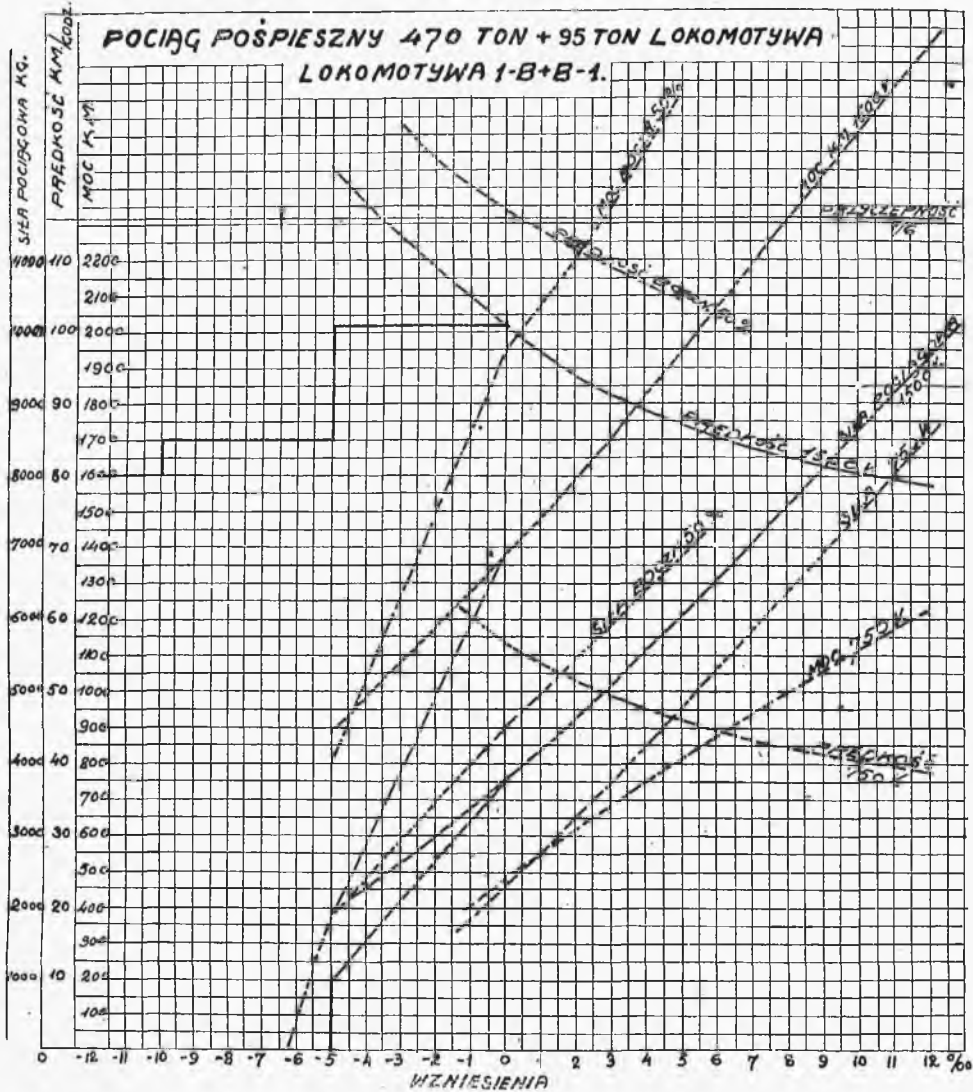


Rys. 217.



Rys. 218.

W rzeczywistości nie mogą nigdy wszystkie pociągi być zupełnie załadowane już chociażby dlatego, że ilość towarów przewożonych w obie strony nie będzie zupełnie równa, część więc pociągów lub wa-



Rys. 219.

gonów będzie musiała wracać pusto. Poza to ma się często do czynienia z towarami lekkimi, ale o dużej objętości, które dają też mniejszy ładunek; nieraz wypada wysyłać nie pełne wagony i t. d. Stopień załadowania, czyli stosunek załadowania rzeczywistego do możliwego,

jest zależny wyłącznie od miejscowych warunków i musi być każdorazowo określany, względnie oceniany. W normalnych warunkach bywa on rzadko większy, jak około 50%, zwykle mniejszy, około 40 — 50%.

Dopiero stopień załadowania pozwala określić średni ładunek netto na pociąg, a co zatem idzie i ilość potrzebnych pociągów. Jeżeli się przytem wychodzi z przewozu rocznego, to trzeba jeszcze uwzględnić pewną nierównomierność ruchu oraz wpływ świąt, w czasie których ładunek się nie odbywa; dla otrzymania przewozu dziennego należy więc przewóz roczny dzielić nie przez 365 dni, lecz przez liczbę mniejszą, zwykle n. p. o 25%.

**2. Wykres biegu pociągów, zużycie pracy.** Mając do czynienia z ciężkimi pociągami i względnie rzadkim ruchem, należy do obliczenia prędkości i zużycia energii stosować metody ścisłe, przyczem jednak dopuszczalne są zawsze pewne uproszczenia.

Przy wszelkich obliczeniach pracy i prędkości wychodziliśmy dotychczas zawsze z założenia, że cała waga pociągu skoncentrowana jest w jednym punkcie, że zatem długość pociągu jest bardzo mała w porównaniu z długością poszczególnych odcinków linii. Było to zupełnie dopuszczalne przy tramwajach i kolejkach dojazdowych o krótkich pociągach, nie zgadza się jednak z rzeczywistością, skoro przejdziemy do kolei głównych o długich pociągach.

Założmy n. p., że 600 m. długi pociąg o wadze  $W$  ton ma wjechać na 300 m. długie wzniesienie  $i$ ‰, leżące między poziomymi odcinkami linii. Na wzniesieniu mieści się tylko połowa pociągu, największy więc opór trakcji nie będzie  $W(r + i)$ , lecz tylko:

$$\frac{W}{2} \cdot r + \frac{W}{2} (r + i) = W \cdot r + \frac{W}{2} \cdot i = W \left( r + \frac{i}{2} \right), \text{ a zatem taki,}$$

jakby wzniesienie wynosiło tylko  $\frac{i}{2}$ ‰.

Zużycie energii byłoby to samo, gdyż zmniejszona siła pociągowa działa na większej długości, gdyby opór trakcji był niezależny od prędkości, względnie, gdyby prędkość pozostała stałą. Tymczasem tak nie jest, gdyż, jak wiemy, każdej sile pociągowej odpowiada pewna prędkość, prędkość więc będzie obecnie większa, a zatem musi się zwiększyć i zużycie energii. Maksymalna siła pociągowa i najmniejsza prędkość trwają tylko chwilę, kiedy lokomotywa dosięga właśnie szczytu wzniesienia, rosnąc, względnie malejąc, stopniowo od chwili wjechania lokomotywy na wzniesienie do tej chwili, a następnie znowu malejąc, względnie rosnąc do wartości odpowiadających biegowi na linii pozio-

mej. Obliczenie więc zmian siły pociągowej i prędkości byłoby bardzo uciążliwe, praktycznie prawie niemożliwe.

Ponieważ jednak mamy przeważnie do czynienia z niezbyt wielkimi zmianami prędkości, przeto nie popełniamy większego błędu zastępując 300 metrowe wzniesienie  $i$  ‰ 600 metrowem  $\frac{i}{2}$  ‰. Tak samo możemy zamienić dwa po sobie następujące różne wzniesienia jednym średnim. Czynność taką zwiemy uproszczeniem profilu. Ścisłe wskazówki, jak należy upraszczać dany profil zestawiać się nie dadzą; wszystko tu zależy od wprawy projektującego. Ogólnikowo więc tylko można zaznaczyć, że z takim upraszczaniem nie należy iść zbyt daleko i łączyć ze sobą zbyt różne wzniesienia, zwłaszcza, jeżeli są one długie; nie należy również łączyć ze sobą wzniesienia i spadku; w pobliżu stacji wskazane jest zachować profil rzeczywisty, aby mieć prawdziwy obraz ruszania i t. d. Łuki najdogodniej jest przytem zastępować wzniesieniami dającymi taki sam opór, n. p. przy pomocy wzorów Röckla. Ponieważ opór łuków dodaje się do wzniesień, ale odejmuje od spadków, przeto otrzymuje się różne profile zastępcze dla obu kierunków jazdy.

Rzeczywista prędkość i rzeczywiste zużycie energii będzie leżało pomiędzy obliczonymi na podstawie profilu szczegółowego i uproszczonego. Jeżeli więc idzie o większą dokładność, to można obliczyć zużycie na pewnym odcinku na podstawie profilu szczegółowego i uproszczonego i przyjąć jako rzeczywiste średnią z otrzymanych wyników, zmieniając następnie odpowiednio obliczenia wykonane dla innych odcinków przy pomocy profilu uproszczonego. Przy umiejętnym upraszczaniu nie powinny różnice wypaść większe, jak 4 — 6 ‰.

Obliczenie zużycia energii można wykonać jużto czysto wykreslnie, wykreslając przebieg prędkości i prądu w zależności od czasu i planimetrując powierzchnie zawarte między tak otrzymanymi krzywymi a rzędną, co daje przebytą drogę, względnie zużycie ampero-godzin, jużto częściowo wykreslnie, a częściowo analitycznie, zestawiając dane w tablicach, jak n. p. w tablicy na str. 233.

W rubrykę pierwszą wnosimy wzniesienie w ‰ i długość jego, odczytane z profilu, w drugą prędkość na początku i końcu rozpatrywanego odcinka, w trzecią czas w sekundach, jaki jest potrzebny, aby pociąg nabrał prędkości końcowej, w czwartą drogę, jaką w tym czasie przebędzie. Czas obliczamy z wykresu lokomotywy, drogę otrzymujemy planimetrując powierzchnię zawartą między obliczoną krzywą prędkości a czasem. W rubrykę piątą wpisujemy prąd odczytany z wykresu, odpowiadający prędkości początkowej i końcowej, rubryka szóstą daje zużycie energii, które otrzymujemy, mnożąc średnie natężenie prądu przez czas i napięcie robocze.

Stacja	Profil		Prędkość km. g.		Czas sek.	Droga przeb. m.	Czas od po- czątku sek.	Prąd amperów		Zużycie energii kw. g.	U w a g i
	wzniesie- nie ‰/100	długość m.	na początku	na końcu				na początku	na końcu		
A.	—	524	—	35	100	464	100	—	725	34,7	Ruszanie
	—		35	37	6	60	106	725	600	3,3	
	+7,9	2534	37	38	40	416	146	600	550	19,2	Prędkość ustalona
	+7,9		38	38	204	2118	350	550	555	93,5	
	-8,1		38	35	13,4	145	363,4	—	—	—	
	-8,1	2461	35	35	238	2316	601,4	—	—	—	Prąd wyłączony
	+8,5		337	35	22	43,7	337	644,1	—	—	
—	300	22	—	108	300	752,1	—	—	—	Hamowanie	
B.	—	556	—	35	100	464	100	—	725	34,7	Ru- zanie
	—		35	38,5	11	102	111	725	535	6,25	
	+8,0	853	38,5	37,5	27,3	289	138,3	535	580	12,70	Prędkość ustalona
	+8,0		35	35	53,4	564	191,7	580	580	25,8	

Działania te można sobie znacznie uprościć, biorąc pod uwagę, że każdej prędkości odpowiada pewien prąd. Zamiast więc obliczać zużycie energii dla każdego rozpatrywanego odcinka oddzielnie, można zsumować czasy, odpowiadające tym samym różnicom prędkości, n. p. 33—35, 35—37 km. g. i t. d. i obliczyć zużycie energii łącznie dla wszystkich razem. Prąd w czasie ruszania odczytuje się z wykresu, a jako zużycie energii wnosi wynik odpowiedniego planimetrywania (wobec gwałtownych zmian natężenia prądu byłoby tu obliczenie na podstawie średniego prądu niedopuszczalne). Różnice prędkości należy obierać tak, aby drogi przebyte w czasie obranej różnicy prędkości dostosowały się możliwie do poszczególnych odcinków profilu, jednak nie większe, jak jakie 2 km. g.

Pozatem możliwe są oczywiście jeszcze różne inne uproszczenia, ułatwienia i sposoby obliczania zużytej energii. Można więc np. podzielić bieg pociągu na 5 okresów t. j. ruszanie, czyli okres sztucznego regulowania prędkości do osiągnięcia prędkości naturalnej; przyspieszenie podług krzywej prędkości naturalnej (motory bez dodatkowych oporów); zwalnianie podczas jazdy pod prądem (kiedy pociąg przechodzi z mniejszego wzniesienia na większe); bieg z rozpędu po wyłączeniu prądu i hamo-

wanie, i rozpatrywać oddzielnie każdy z tych okresów i t. d. Zastosowanie tej lub innej metody jest już wyłącznie rzeczą projektującego i jego indywidualnych upodobań, dalsze więc opisywanie tych różnych metod i sposobów byłoby zupełnie zbyteczne.

Obliczone zużycie energii odnosi się na tonno-kilometr, dzieląc ilość zużytych watt-godzin przez wagę pociągu i drogę przebytą w kilometrach. Jako wagę można brać tak wagę pociągu z lokomotywą, jak i bez lokomotywy, skutkiem czego otrzymuje się zużycie na tonno-kilometr ogólny lub ciągniony. Podając wyniki i porównyując je z wynikami innych linii, należy zawsze pamiętać o tem i zwracać uwagę na to, o jakim zużyciu jest mowa.

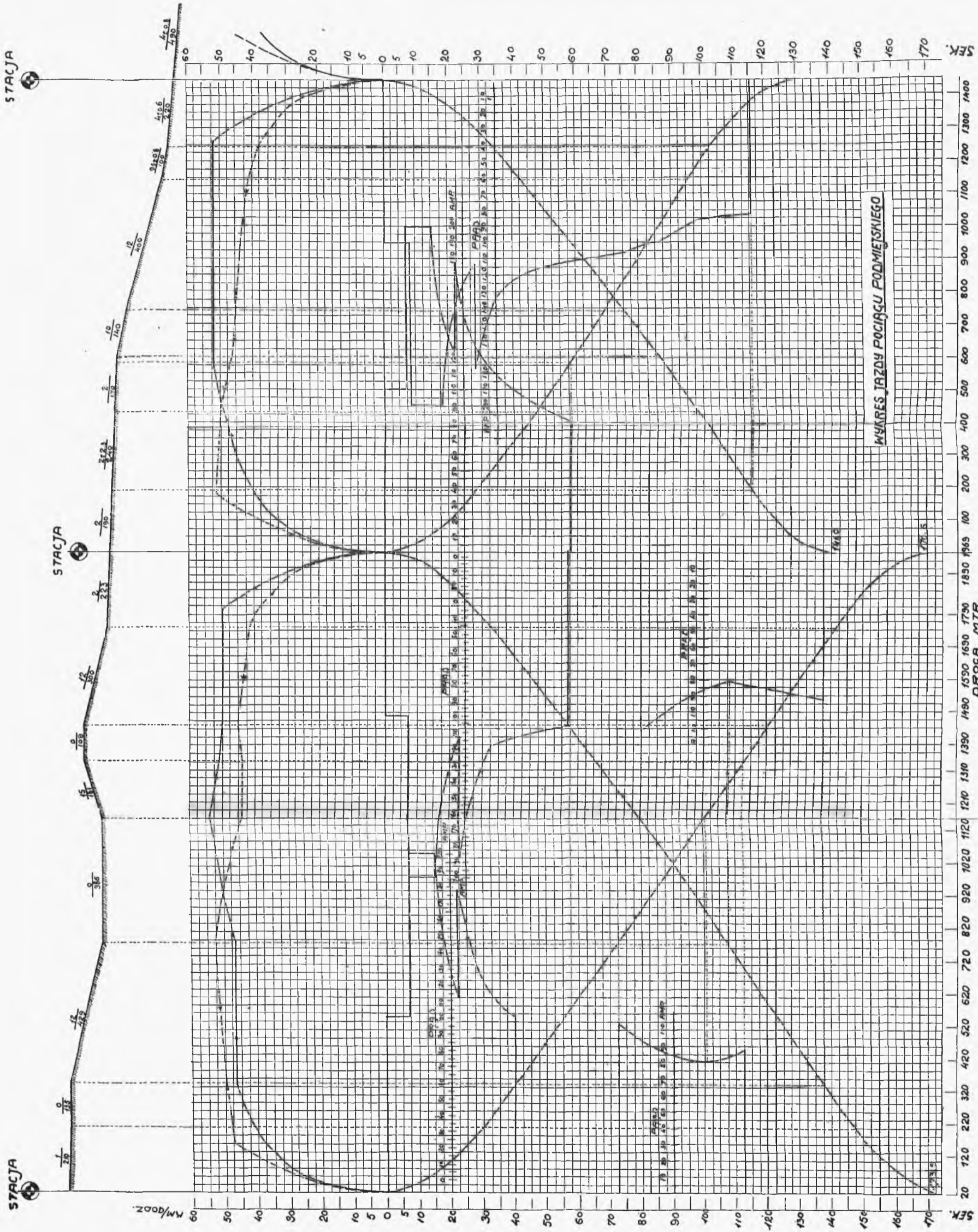
Wykres, przedstawiający zależność prędkości i prądu od czasu, bardzo wygodny dla obliczania zużytej energii, nie daje jednak bezpośrednio prędkości, jaką ma pociąg w dowolnym punkcie linii. Niezbędny jest do tego wykres zależności prędkości od przebytej drogi, który się zresztą bardzo łatwo wyprowadza z pierwszego.

W szczególnych wypadkach, kiedy rzecz idzie np. o linię o nadzwyczaj gęstym ruchu i kiedy konieczna jest znajomość położenia pociągów w każdej chwili na linii wraz z odpowiadającymi tym położeniom prędkościami, można oba wykresy połączyć razem, otrzymując najkompletniejszy wykres pozwalający na odczytanie wszelkich danych bez żadnych dalszych przeliczeń. Wykres taki dla pociągu podmiejskiego, złożonego z dwu wagonów motorowych i 8 doczepnych o ogólnej wadze 280 ton widzimy na rys. 220-tym.

U góry rysunku umieszczony jest szczegółowy profil linii, pod profilem wykres prędkości w zależności od drogi w obu kierunkach, tam i z powrotem. Od linii drogi w dół odniesiony jest czas jako odcięte tak, że otrzymuje się zależność czasu od drogi, czyli szczegółowy graficzny rozkład jazdy. W kierunku poziomym mamy na rysunku jeszcze drugą skalę, skalę prądu. Biorąc czas jako rzędną, stanowi ta skala odcięte, otrzymuje się więc wykres prądu w zależności od czasu; planimetrowanie powierzchni zawartej między krzywą prądu a czasem daje zużycie ampero-sekund, a po odpowiednim przeliczeniu, kilowatt-godzin.

Jeżeli chcemy wiedzieć, gdzie znajduje się pociąg po upływie pewnego czasu od ruszenia, to odnajdujemy dany czas na skali czasu, przeciągamy w tym miejscu linię poziomą aż do przecięcia z linią zależności czasu od drogi i wystawiamy tu prostopadłą, która wskazuje w swych punktach przecięcia z linią prędkości w zależności od drogi prędkość, a z profilem miejsce i wzniesienie, na jakim znajduje się pociąg. Natężenie prądu odczytujemy w punkcie przecięcia pierwszej linii poziomej z krzywą prądu.





Rys. 220.

Tak np. mamy dla czasu 80 sek.: odległość od początku linii 875 m. wzniesienie 0<sup>o</sup>/<sub>100</sub>, prędkość 48,7 km.g., prąd 95 amp.

**3. Rozkład jazdy.** Znajomość prędkości pociągów, względnie czasów, potrzebnych na przejechanie poszczególnych odcinków linii, oraz ilości pociągów pozwala na opracowanie graficznego rozkładu jazdy. Najlepiej jest przytem zaczynać od pociągów pośpiesznych, gdyż wszystkie inne pociągi ustępują im pierwszeństwa. Wykreśliwszy ich przebieg, wykreśla się przebieg pociągów osobowych, a na ostatku rozmieszcza odpowiednio towarowe.

Przy liniach jednotorowych położenie stacji określa samo przez się najmniejszy możliwy odstęp pomiędzy pociągami, gdyż te mogą się mijać tylko na stacjach. Przy liniach dwutorowych jest ten odstęp określony położeniem posterunków blokowych.

Nie wchodząc tu w bliższe opisy systemów sygnalizacji kolejowej, czyli blokady, zaznaczyć należy, że zasadniczo każdy pociąg musi być zawsze zabezpieczony sygnałem, który zamyka drogę następnemu pociągowi, dążącemu w tym samym kierunku. Odległość między dwoma za sobą dążącymi pociągami nie może więc być nigdy mniejsza, jak odległość między sąsiednimi sygnałami. Sygnał zwalnia drogę skoro tylko pociąg minie następny sygnał, który stanie na „stój”; może się jednak zdarzyć, że pociąg, przejechawszy sygnał, będzie z jakichbądź powodów zatrzymany. Wtedy nadchodzący pociąg musi mieć możliwość zatrzymać się przed przejechaniem sygnału. Wynika z tego, że najmniejsza odległość między dwoma pociągami, musi być równa odległości między dwoma posterunkami sygnałowymi, powiększonej o długość pociągu i drogę hamowania, odpowiadającą prędkości, jaką ma pociąg, dojeżdżając do posterunku. Tak otrzymaną odległość przelicza się na czas i otrzymuje najmniejszy możliwy odstęp czasu między dwoma pociągami. Oczywiście, że dla każdego odcinka bez odgałęzień, a zatem o jednostajnym ruchu, miarodajny jest najdłuższy tak obliczony czas przejazdu (czasy te nie muszą koniecznie być równe dla wszystkich posterunków, lecz przeciwnie, mogą być dla jednych dłuższe, jak dla drugich, np. jeżeli sygnały stoją na większem wzniesieniu).

Tak obliczony minimalny odstęp czasu między pociągami należy jeszcze zwiększyć o jakie 10—20%, na t. z. fakultatyw. Jestto niezbędne tak dla uwzględnienia event. opóźnień i nieregularności w ruchu, jak i dla dania możliwości wypuszczenia w razie potrzeby pociągów dodatkowych, fakultatywnych.

Określiwszy najmniejszy odstęp czasu między pociągami można już bez żadnych trudności wykończyć rozkład jazdy i określić największą przelotność linii, czyli największą ilość pociągów, jaką można wypuścić

na dobę, a z niej największą zdolność przewozową linii, czyli największy możliwy przewóz w tonnach.

Przy ostatecznem układaniu rozkładu jazdy należy brać pod uwagę obciążenie podstacji i unikać zbyt wielu skupień pociągów, równoczesnego ruszania większej ich ilości i t. p.

**4. Obliczenie podstacji i przekrojów sieci.** Przekroje sieci i moc poszczególnych podstacji stoją w ścisłym związku ze sobą, gdyż oczywiście, im mniej będzie podstacji, t. j. im większa będzie odległość między niemi, tem większa będzie ich moc i tem cięższa stanie się sieć. Musi więc tu egzystować pewne optimum, przy którym suma rocznych kosztów na utrzymanie podstacji, amortyzację i oprocentowanie kapitału, oraz pokrycie wartości straconej energii stanie się najmniejsze.

Optimum to możnaby w zasadzie obliczyć na podstawie rachunku na gospodarczość, praktycznie jestto jednak prawie niemożliwe, ze względu na mnóstwo ściślej nie określonych czynników, wchodzących tu w grę i nie dających się ująć w wzór matematyczny. Przedewszystkiem więc położenie podstacji nie jest całkowicie dowolne, gdyż z jednej strony odległość między niemi nie może być zbyt wielka ze względów na pewność ruchu, z drugiej zaś należy się liczyć z położeniem stacji i starać umieszczać podstacje możliwie na większych stacjach, gdzie obsługa i dozór są łatwiejsze. W części III-ciej niniejszego dzieła widzieliśmy już, że sieci nie oblicza się zwykle na gospodarczość, ale na największy spadek napięcia, gdyż obliczenie to daje większe przekroje, jak obliczenie na gospodarczość, które jest zresztą praktycznie prawie nie wykonalne ze względu na zmienność obciążeń i strat.

Wobec tego rozpoczyna się zwykle obliczenie od założenia pewnego dowolnego rozmieszczenia podstacji. Przy prądzie zmiennym rozpoczynać można od odległości między podstacjami około 60—70 km., przy czem normalnie wystarcza drut roboczy o przekroju około 100 mm.<sup>2</sup>, bez dodatkowych przewodów wzmacniających, chyba że ma się do czynienia z linjami o wyjątkowo gęstym ruchu. Przy prądzie stałym o napięciu 3000 voltów wynosi zwykle odległość podstacji 30—45 km., w zależności od gęstości ruchu i profilu linii.

Na podstawie poprzednich obliczeń i graficznego rozkładu jazdy można obliczyć ilość tonno-kilometrów, zrobionych w pewnym okresie czasu na odcinku linii, zasilanym przez jedną podstację, oraz ilość zużytej na to energii, a stąd, zakładając równomierne obciążenie, średnie obciążenie podstacji. Ponieważ rzecz tu idzie o moc średnią, przeto najlepiej jest obierać na podstawie rozkładu jazdy okresy czasu najsilniejszego ruchu 2—3 godzinne. Zakładając dalej równomierne rozłożenie obciążenia i przyjmując pewną stratę napięcia (przy tych założeniach

oczywiście równą procentowo starcie mocy i energii), oblicza się potrzebny na to przekrój sieci. Jako średnią stratę napięcia przyjmuje się przytem 6 — 10%, w zależności od gęstości ruchu (por. str. 148—150 tom I).

Przekrój drutu roboczego nie bywa mniejszy przy kolejach jak 65—80 mm<sup>2</sup>, przeważnie większy, do 100 mm<sup>2</sup>. Przy prądzie stałym stosują się często dwa druty robocze, aby w ten sposób ułatwić przejście prądu z sieci na zbieracz. Co do szyn, to nie jest wprawdzie spadek napięcia ograniczony względami na prądy błądzące, gdyż koleje o torach ułożonych na własnym torowisku odnośnym przepisom nie podlegają, nie może jednak przekraczać pewnych granic, jakich 50—75 voltów, gdyż w przeciwnym razie mogłoby być przypadkowe zetknięcie z szynami niebezpieczne.

Omowy opór torów oblicza się na podstawie obranego profilu szyn, zakładając ciężar gatunkowy stali 7,8 i przewodnictwo około 0,2. Dla uwzględnienia dodatkowego oporu złączy zwiększa się tak obliczony opór o jakie 10—20%.

Opór jednego kilometra toru pojedynczego, złożonego z szyn o wadze  $w$  kg. na metr bieżący szyny, wyniesie więc:

$$r = \left( \frac{0,2}{\frac{2.1000.w}{7,8}} \right) 1,1 = w.0,000858 \text{ omów.}$$

Opór kilometra toru z szyn 45 kg. wyniesie n. p.

$$0,000858.45 = 0,0386 \text{ omów.}$$

Przy prądzie zmiennym stosuje się wzory podane na str. 176—177. Jeżeli obliczenie daje przekroje większe, jak przekrój drutu roboczego, przy prądzie stałym 200 mm<sup>2</sup> dla toru pojedynczego, a 400 mm<sup>2</sup> dla toru podwójnego, to należy przekroje sieci zwiększyć przez dodanie przewodów wzmacniających. Jako takie służą zwykle przewody odpowiedniego przekroju, ułożone na słupach podtrzymujących sieć i przyłączone do drutów roboczych co 300—500 m.

Jaki największy przekrój miedzi będzie jeszcze ekonomicznie dopuszczalny, tego z góry przewidzieć nie można, lecz należy każdorazowo obliczyć, zmieniając ewent. rozmieszczenie podstacji. Zwykle jednak okazuje się 600—700 mm<sup>2</sup> dla prądu stałego jeszcze ekonomiczne.

Tak określone przekroje należy teraz sprawdzić na największą stratę napięcia, która, jak to już widzieliśmy, nie powinna przekraczać 18—20%. Obliczenie to należy przeprowadzić już na podstawie rzeczywistych obciążeń i ich położenia, które odczytujemy z rozkładu jazdy, uwzględniając przytem pracę sąsiednich podstacji, jeżeli sąsiednie dzielnice są połączone przy pomocy wyłączników. W razie, gdyby straty

napięcia okazały się przytem zbyt wielkie, to należy albo zwiększyć przekroje, albo też zbliżyć podstacje. Takie sprawdzenie wystarcza zwykle przeprowadzić dla jednej lub dwu podstacji, gdyż nie popełnia się większego błędu zakładając, że na innych podstacjach, pracujących w podobnych warunkach, stosunek maksymalnej straty napięcia do straty obliczonej na podstawie średniego i równomiernie rozłożonego obciążenia jest taki sam; można więc odpowiednio skorygować przekroje sieci określone dla tych podstacji.

Określiwszy ostatecznie położenie podstacji i przekroje sieci, można obliczyć w przybliżeniu straty energii. Obiera się w tym celu charakterystyczną podstację, ewent. w razie potrzeby parę podstacji, i wykonuje dla ich obliczenia, określając przy pomocy rozkładu jazdy położenie poszczególnych pociągów i moc jaką one czerpią z sieci w odstępach czasu n. p. co godzinę lub pół. Obierając czas jako rzędną odnosi się jako odcięte obliczone odpowiednie straty mocy, przez co otrzymuje się wykres straty mocy w zależności od czasu.

Planimetrując powierzchnię zawartą między tą krzywą a czasem, otrzymuje się szukaną stratę energii. Pozatem oblicza się stratę energii, jaka by powstała, gdyby obciążenie było stałe i równomiernie rozłożone, i porównuje otrzymane wyniki. Zmieniając następnie w tym samym stosunku straty, obliczone dla innych podstacji na podstawie stałego i równomiernie rozłożonego obciążenia, otrzymuje się w przybliżeniu rzeczywiste straty energii.

Jak to już widzieliśmy, dobre przetwornice wszelkich systemów znoszą bardzo znaczne chwilowe przeciążenia 100—200%, a nawet więcej. Sprawdzić jednak należy, czy przeciążenia maszyn, obliczonych dla stałego obciążenia nie będą większe, a jeżeli tak, to moc ich odpowiednio zwiększyć. Sprawdzenie to odbywa się wybierając w rozkładzie jazdy kilka najniekorzystniejszych chwil i obliczając odpowiadające im chwilowe obciążenia.

**5. Ogólne zużycie energii, moc elektrowni.** Ogólne zużycie energii, mierzone na zbieraczach prądu, wynika już z ilości zrobionych tonno-kilometrów i zużycia energii na tonno-kilometr. Aby otrzymać zużycie, mierzone na podstacjach po stronie prądu stałego, względnie niskiego napięcia, należy zużycie to zwiększyć o straty w sieci roboczej, oraz ilość energii zużytej na oświetlenie pociągów i stacji, ewent. ogrzewanie, napęd warsztatów, manewry i t. p.

Ścisłe obliczenie tych dodatkowych zapotrzebowań energii jest bardzo trudne, a ogólny przepis zestawić się tu nie da, gdyż zależą one wyłącznie do miejscowych warunków, mogą więc być w szerokich granicach zmienne.

Przy opracowywaniu projektu elektryfikacji kolei bawarskich ustalono na podstawie zebrania możliwie dokładnych danych następujące zapotrzebowania:

Warsztaty kolejowe	0,55%	} zużycie dodatkowe
Oświetlenie stacji	2,35%	
Ogrzewanie pociągów	5,30%	
Manewrowanie	8,00%	
Pociągi miejscowe	4,30%	} trakcja
„ towarowe	45,50%	
„ osobowe	34,00%	
Razem	100,00%	

Zużycia dodatkowe stanowią więc tu 16,1%, a bez ogrzewania 10,8% zużycia ogólnego, czyli 19,3%, względnie 13,4% zużycia czysto trakcyjnego.

Na kolei New York, New Haven and Hartford skonstatowano następujące zużycia, wyrażone w procentach (elektrownia zasila poza koleją jeszcze i innych odbiorców);

Ruch osobowy daleki	33,5%	} 60,3%
„ „ miejscowy	5,2%	
„ towarowy	21,6%	
Manewrowanie	9,3%	} 9,7%
Różne	0,4%	

czyli  $\frac{9,7}{60,3} 100 = 16,1\%$  zużycia trakcyjnego.

W braku więc ściślejszych danych można liczyć około 15% zużycia trakcyjnego (bez ogrzewania).

Straty w sieci roboczej wahają się zwykle w granicach 6—10%, straty na przetwarzanie, w zależności od zastosowanych przetwornic, ich mocy i obciążenia, wynoszą 12—16%, straty w sieci dosyłowej wysokiego napięcia średnio 6—10%.

Zużycie energii, mierzone na elektrowni, będzie więc:

$$1,15 \cdot 1,06 \cdot 1,12 \cdot 1,06 \cong 1,45 \text{ do } 1,15 \cdot 1,10 \cdot 1,16 \cdot 1,10 \cong 1,62$$

razy większe, jak zużycie, mierzone na zbieraczach prądu lokomotyw.

Maksymalne obciążenie elektrowni określa się przy pomocy rozkładu jazdy, obierając kilka najniekorzystniejszych chwil; średnie wynika ze średniego zużycia energii na drucie roboczym, powiększonego o straty. Roczne zużycie energii jest już również znane z ilości zrobionych tonno-kilometrów, można więc obliczyć współczynnik wyzyskania, czyli obciążenia elektrowni. Zaznaczyć tu należy, że mnożąc śred-

nie dzienne zużycie przez ilość dni, otrzymałoby się wynik niezgodny z zużyciem, obliczonym na podstawie zrobionych tonno-kilometrów, a to skutkiem nierównomierności, przyjętej dla ruchu towarowego.

**6. Określenie ilości lokomotyw.** Ilość każdego rodzaju lokomotyw, potrzebnych do wykonania rozkładu jazdy, wynika bezpośrednio z tegoż rozkładu jazdy; ilość tę należy jednak jeszcze powiększyć o ilość lokomotyw, niezbędną dla wykonania potrzebnych rewizji i napraw.

Normalne rewizje i utrzymanie lokomotyw elektrycznych wykonywane bywają bardzo rozmaicie; nieco danych co do tego i trwałości poszczególnych części znajdziemy w części VIII-ej niniejszego dzieła. Przyjąwszy pewien system rewizji i utrzymania, można obliczyć potrzebną na to ilość lokomotyw różnymi sposobami. Wyjaśnią to najlepiej dwa przykłady.

1) Zakładając, że każda lokomotywa musi podlegać 12-godzinnej, czyli 0,5-dniowej rewizji po przejechaniu 5000 kilometrów, a pozatem gruntownej, 30-dniowej rewizji po przejechaniu 150000 kilometrów i oznaczając przez  $T$  ilość lokomotywo-kilometrów rocznie, a przez  $x$  ilość lokomotyw, straci się na rewizje rocznie dla każdej lokomotywy:

$$0,5 \frac{T}{x} \cdot \frac{1}{5000} + 30 \frac{T}{x} \cdot \frac{1}{150000} = \frac{T}{x} 0,0003 \text{ dni.}$$

Każda lokomotywa osobowa będzie więc czynna przez:

$$365 - \frac{T}{x} 0,0003 \text{ dni rocznie,}$$

a towarowa, licząc 272 dni rocznie (nierównomierność ruchu):

$$272 - \frac{T}{x} 0,0003 \text{ dni.}$$

Jeżeli rozkład jazdy wymaga  $m_o$  lokomotyw osobowych i  $m_t$  towarowych, to ogólna ilość lokomotyw wyniesie:

$$x_o = m_o + \frac{T}{365} 0,0003 \text{ osobowych i}$$

$$x_t = m_t + \frac{T}{272} 0,0003 \text{ towarowych.}$$

2) Załóżmy, że każda lokomotywa przebiega dziennie podług rozkładu 500 km. i że rewizje mają się odbywać, jak w przykładzie 1-szym. Rewizja lekka odbywać się będzie co  $\frac{5000}{500} = 10$  dni, a gruntowna co 300 dni.

Rewizje te wymagać będą rocznie :

$$\frac{365}{10} \cdot 0,5 = 18 \text{ dni}$$

$$\frac{365}{300} \cdot 30 = \underline{12 \text{ dni}}$$

30 dni warsztatowych na lokomotywę, a przy  $x$  lokomotywach ogółem  $30 \cdot x$  dni warsztatowych rocznie.

Licząc 290 dni roboczych rocznie, potrzeba więc mieć :

$$\frac{30 \cdot x}{292} \text{ lokomotyw zapasowych.}$$

Przy obliczaniu ilości lokomotyw z rozkładu jazdy uważać należy, aby każda lokomotywa miała po przejechaniu linii, a jeżeli mamy do czynienia z bardzo krótką linią, to po przejechaniu 300 — 400 km., conajmniej 2—3 godzin postoju dla pobieżnej rewizji, nasmarowania i t. p.

Obliczenia te nie włączają jeszcze lokomotyw rezerwowych, zawsze pożądaných na wypadek uszkodzenia której lokomotywy. Zwykle wystarcza w zupełności 5—10% ilości jako rezerwa. Pozatem należy jeszcze do ogólnej ilości lokomotyw dodać lokomotywy, potrzebne dla wykonania manewrów, zwykle jakie 10—15%.



## C Z Ę Ś Ć VIII.

### Eksploatacja.

**Wstęp.** Po rozpatrzeniu w poprzednich rozdziałach sposobów projektowania i wykonania urządzeń tramwajów, kolejek dojazdowych i kolei elektrycznych i poznaniu główniejszych czynników, wpływających na wybór odpowiednich typów maszyn i urządzeń, musimy zapoznać się teraz z organizacją eksploatacji, sposobami kontrolowania prawidłowego jej przebiegu oraz tymi czynnikami technicznymi, które wpływają na większą lub mniejszą jej zyskowość.

Mamy tu na myśli przede wszystkim eksploatację tramwajów i kolei dojazdowych, gdyż koleje główne podlegają ogólnym przepisom kolejowym, których rozpatrywanie za daleko by nas zaprowadziło.

Oczywiste jest, iż dział ten, jeszcze bardziej niż poprzednie, zależy od miejscowych warunków, wielkości przedsiębiorstwa, gęstości i jakości ruchu, wymagań publiczności, kwalifikacji i charakteru personelu służbowego i t. p., że zatem dadzą się zestawić tylko bardzo ogólne wskazówki, rady i dane, które należy już samemu dostosowywać do owych warunków miejscowych, robiąc wśród nich odpowiedni wybór.

Każda eksploatacja tramwajowa lub kolejowa da się podzielić na 6 różnych działów, a mianowicie: 1) Elektrownia, czyli wytwarzanie prądu, 2) Ruch i służba ruchu, 3) Sieć, 4) Tory, 5) Tabor i warsztaty i 6) Wydział handlowo-administracyjny.

W zależności od wielkości eksploatacji bywają niektóre działy łączone razem, lub naodwrot dzielone na części.

O dziale pierwszym, t. j. dostarczaniu prądu, nie mamy tu nic szczególnego do powiedzenia; często nawet tramwaje czy też koleje nie miewają swej własnej elektrowni, lecz otrzymują prąd z innych elektrowni, jeżeli zaś mają je, to eksploatacja, jak również i budowa tych urządzeń niczem prawie nie różnią się od eksploatacji i budowy elektrowni dla oświetlenia lub przenoszenia siły.

## ROZDZIAŁ XX.

### Ruch i służba ruchu.

1. **Rozkład jazdy, podział zajęć służby.** Jedną z najważniejszych, ale również i najtrudniejszych rzeczy, jest opracowanie dobrego i odpowiedniego rozkładu jazdy; zły rozkład jazdy nie tylko wywołuje słuszne narzekania ze strony publiczności, ale zmniejsza może znacznie frekwencję, a zatem i dochody, zwiększając równocześnie rozchody, podczas kiedy dobry może ogromnie podnieść dochodowość danego przedsiębiorstwa.

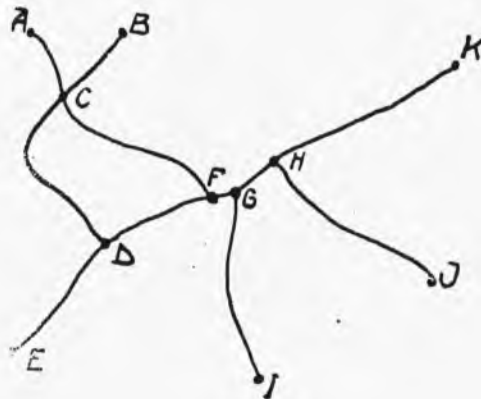
Mając daną sieć torów można wyznaczyć na niej różne drogi, czyli wytworzyć przeróżne linje, t. j. kursa.

Jeżeli n. p. mamy w jakimś mieście sieć torów, uwidocznoną na rys. 221-ym, to możemy przedewszystkiem albo skupić wszystkie linje w środku miasta, albo też starać się wytworzyć możliwie długie kursa od krańca do krańca miasta.

W pierwszym wypadku wytworzylibyśmy n. p. 6 następujących linji :

1) ACFG, 2) BCDFG,  
3) EDFG, 4) IG, 5) JHG i  
6) KHG. W drugim wypadku  
możnaby uruchomić 3 linje,  
a mianowicie :

1) EDFGHK, 2) ACFGJ  
i 3) BCDFGHJ.



Rys. 221.

Pozatem możliwe będą naturalnie przeróżne odmiany, n. p. zamiast ACFG możnaby uruchomić linję ACDFG, zamiast ACFGJ linję ACDFGHJ i t. d. i t. d., a wreszcie można oba systemy łączyć razem, obierając jedne linje z jednego, drugie z drugiego, wzmacniając ruch na niektórych ulicach, puszczać na nich więcej linji, n. p. na kawałku FC kierując tędy linję od I do A, od J do A i od K do A i t. d.

Wszystko to zależy będzie od charakteru danego miasta i potrzeba dużej znajomości warunków ruchu ulicznego oraz wprawy, aby z góry wybrać odpowiednie kierunki.

Jako typowy przykład centralizacji linji służyć może Medjolan, gdzie przeważna ilość linji zbiega się na Piazza del Duomo i tu zawraca, oraz Kopenhaga, jako przykład zaś długich linji Warszawa, gdzie prawie

wszystkie linje biegną z jednego krańca miasta na drugi, n. p. Mokotów — Wola, Mokotów — Stalowa, Mokotów — Powązki, Stalowa — Wola i t. d.

Jeszcze trudniej jest z góry określić potrzebną gęstość ruchu na danej linji czy też jej części. Bezpośrednia obserwacja, t. j. liczenie przechodniów i pojazdów przechodzących względnie przejeżdżających w danym punkcie w przeciągu pewnego czasu nie pozwala zwykle na wyciągnięcie wniosków co do przyszłego ruchu tramwajowego, gdyż właśnie powstanie linji tramwajowej często dopiero daną arterję ożywia. Nawet ruch w ewent. już dawniej egzystujących tramwajach konnych słabe tylko o przyszłym ruchu dać może wyobrażenie, gdyż szybsze i wygodniejsze tramwaje elektryczne nie tylko ilość pasażerów zwiększają, ale często i charakter ruchu zupełnie zmieniają, przesuwając godziny maksimum, wytwarzając nowe maksima i t. p.

Najlepiej więc jest już przy projektowaniu i budowie uwzględnić tę niepewność i z góry tory tak układać, aby umożliwić zmianę kierunku linji w możliwie licznych kombinacjach, oraz pozostawić znaczny zapas wozów, a już conajmniej miejsce na nie w wozowniach. Bez późniejszej zmiany kierunku linji, wytworzenia nowych, zmniejszenia ruchu na jednych a wzmożenia na drugich nigdy się nie obejdzie, to można z pewnością z góry przewidzieć.

Im pewna linja jest dłuższa, tem ruch na niej może być rzadszy; również może ruch na linji podmiejskiej być rzadszy niż na śródmiejskiej. Wypływa to stąd, iż ktoś mający np. zamiar przejechać 2 kil. nie będzie przeważnie chciał czekać jakie 7—8 minut na wóz, lecz pójdzie piechotą, będzie natomiast z pewnością czekał, jeżeli miał zamiar przejechać 5—6 kil. Również chętniej będzie czekał na przedmieściu, gdzie bruk i chodniki bywają gorsze, a dorożek bywa mniej, jak w śródmieściu, gdzie chętniej przejdzie się piechotą.

Znaną jest rzeczą, iż zmniejszenie odstępów między wozami zwiększa liczbę pasażerów (naturalnie do pewnych granic), a naodwrot zwiększenie odstępów między wozami na mało uczęszczanej linji zmniejsza jeszcze bardziej liczbę pasażerów. Naogół można powiedzieć, iż dla linji, przechodzących przez miasto, ruch rzadszy niż co 10 minut jest nieracjonalny, a co 15 minut może być racjonalny chyba na bardzo długich przedmiejskich, już prawie podmiejskich linjach. Śródmiejskie linje nie powinny mieć ruchu rzadszego jak co 6—8 minut. Należy niezapominać o tem projektując linje do pewnych określonych punktów, gdzie ruch koncentruje się w paru tylko godzinach, n. p. stacje kolejowe mało ożywionych linji z paru tylko pociągami, lub nawet w niektóre tylko dni, jak n. p. ogrody podmiejskie i t. p. W chwilach napływu publiczności nie wystarcza mała gęstość ruchu, a niewystarczająca ilość

wozów wywołuje tylko narzekania, resztę zaś czasu trzeba ruch koniecznie utrzymać, a wozy chodzą puste.

Niezależnie od tego, iż frekwencja podlega zawsze pewnym stałym wahaniom (jest n. p. zwykle w pierwszych i ostatnich godzinach słabsza, w środku dnia silniejsza) to odznaczają się jeszcze niektóre linje nadzwyczajnymi nierównomiernościami. Takimi bywają n. p. linje, prowadzące do stacji kolejowych w czasie przybywania pociągów (głównie spacerowych), do rozmaitych miejsc rozrywkowych podmiejskich w pogodne niedziele i święta, do dużych fabryk w czasie kończenia pracy i t. p. Stale równomierna gęstość ruchu byłaby na takich linjach zupełnie nie odpowiednia, lecz przeciwnie winna ona być w jednych godzinach większa, w innych mniejsza. Dalej w niedziele i święta ruch jest przeważnie większy niż w dniu zwykle, w lecie, niż w zimie i t. d.

Obrawszy linję i zdając sobie sprawę co do tego, jaki winien być na niej ruch, przystępujemy do ułożenia właściwego rozkładu jazdy. W tym celu określamy naprzód na podstawie średniej prędkości jazdy, a jeszcze lepiej na podstawie próby przejazdu, czas potrzebny na przejechanie z jednego końca na drugi i z powrotem przy zachowaniu przepisów jazdy i normalnych przystanków; dodawszy do tego czasu czas postoju na obu krańcach otrzymujemy czas trwania kursu.

Co do czasu postoju na punktach krańcowych, to zależy on będzie od urządzenia punktu krańcowego, a zatem czasu niezbędnego na zmianę kierunku jazdy (czas ten jest n. p. krótszy przy pentli objazdowej, jak przy zwrotnicach), od długości linji, a także od systemu pracy dla służby pociągowej. Rzecz idzie o to, iż służbie pociągowej należy koniecznie co pewien czas dać choć kilka minut odpoczynku. Postój przeto, który na jednym końcu może wynosić ściśle czas potrzebny dla zmiany kierunku jazdy plus 1—2 minut zapasu, winien na drugim wynosić conajmniej 6—10 minut, w zależności od długości kursu, jeżeli tylko służba ma zachować swój pociąg. Można tego uniknąć, jeżeli służba zmieniać będzie pociąg; wtedy nadchodzący pociąg obejmuje inny zespół służby, pierwszy zaś odpoczywa odpowiedni przeciąg czasu do objęcia następnego pociągu i t. d. Wymaga to jednak obecności na stacji krańcowej jednego lub dwu zespołów służby więcej (w zależności od odstępów między pociągami i tego, czy odstęp ten wystarcza na odpoczynek, czy nie), w porównaniu do ilości kursujących wozów. Ponieważ jednak przy pierwszym systemie należy mieć o tyleż więcej pociągów, przeto pozostaje ilość służby zawsze jednakowa, a zaoszczędza się natomiast parę pociągów. Zaletą pierwszego systemu jest znowu to, iż przy jego zastosowaniu łatwiej dają się wyrównywać ewent. opóźnienia, zatarasowania drogi, przerwy spowodowane zepsuciem się wozu i t. p., a rów-

niez i to, iż motorniczy lepiej poznaje swój wóz i jest za jego całość jedynie odpowiedzialny. Są to zalety tak poważne, iż przy intensywnym ruchu należy zawsze dać pierwszeństwo temu systemowi.

Określiwszy czas trwania kursu w minutach, otrzymujemy ilość potrzebnych wozów, względnie pociągów, jako iloraz tego czasu podzielonego przez żadaną gęstość, t. j. odstęp czasu pomiędzy pociągami. Jeżeli np. kurs trwa 90 minut, a żadana jest gęstość 6 minut, to potrzeba  $90:6 = 15$  pociągów.

Jeżeliby takie obliczenie dało np. 87 minut, to naturalnie, iż czas ten należałoby starać się zmienić przez zmianę czasów postojów na 90 lub 84 minuty, aby otrzymać 15 lub 14 pociągów. Jeżeli nie da się żadaną miarą racjonalnie osiągnąć żadanej gęstości, np. 8 minut przy kursie 60 minut, w czym postoje 1 min. i 6 min. (zmniejszyć postoi niepodobna, a zwiększyć o 4 minuty nie racjonalnie), to radzimy sobie w ten sposób, iż 4 wozy wypuszczamy co 7, a 4 co 8 minut, naturalnie naprzemian, tak, iż otrzymuje się  $4 \cdot 7 + 4 \cdot 8 = 60$  minut.

Jeżeli z jednego punktu krańcowego ma wychodzić kilka linii, które na pewnej przestrzeni idą jedną drogą, to należy się starać rozkład tak opracować, aby pociągi poszczególnych linii nie wychodziły razem, a w możliwie równomiernych odstępach czasu; jestto jednak możliwe tylko przy jednakowych gęstościach ruchu, lub gęstościach, odpowiadających całkowitej wielokrotności największej gęstości. T. n. 3 linje o gęstości każda 6 minut, dadzą ogólną gęstość 2 minuty; jedna linja 4 minuty i dwie 8 minut dadzą również 2 minuty. Przy innych jednak gęstościach rozkład taki opracować się nie da, a wtedy przetrzymuje się poprostu jeden pociąg nieco dłużej, jakie n. p. 0,5 minuty, aby uniknąć skupienia.

Mniejszą gęstość pierwszych i ostatnich kursów można uwzględnić w ten sposób, iż rozkład „różni się“, t. j. daje na te kursa nieco dłuższe postoje; również, jeżeli idzie o krótkotrwałe wzmocnienie ruchu, na jakie dwa kursa, to można to osiągnąć zmniejszeniem postojów. Jeżeli jednak idzie o dłuższe wzmocnienie ruchu, to należy już koniecznie zastosować inne środki, gdyż trwałe zmniejszenie postojów zbyt było by męczące dla służby ruchu. Wzmocnienie takie osiąga się albo przez dodanie do wozów motorowych doczepnych, albo też przez wprowadzenie t. n. „dodatków“, czyli wozów lub pociągów kursujących nie cały czas, a tylko kilka godzin.

Przy wprowadzaniu dodatków, a również przyczepianiu wozów doczepnych, należy wziąć pod uwagę czas pracy służby wagonowej. Otóż czas ten bywa dwójako rozłożony: albo pracownicy pełnią swą służbę bez przerwy przez 8—10 godzin, albo też pełnią ją przez tyleż godzin, ale z przerwami. Sposób pierwszy dla pracowników stanowczo

dogodniejszy i ułatwiający znacznie opracowanie rozkładu zajęć, jest tem dla dyrekcji niedogodny, iż wszelkie dodatki muszą chodzić 8—10 godzin bez przerwy, podczas kiedy często bywa tak, iż są one potrzebne n. p. przez 3 godziny rano i 5 wieczorem, w połowie zaś dnia zupełnie zbyteczne. Drugi sposób, mniej dla służby dogodny, umożliwia zato znacznie większą „elastyczność“ rozkładu jazdy.

Sporządzenie graficznego rozkładu jazdy jest dla tramwajów zbyteczne, wobec krótkich zawsze kursów i wielkiej gęstości ruchu; wyjątek stanowią tylko jednotorowe linje, gdzie miejsca skrzyżowań najdogodniej jest oznaczać właśnie przy pomocy graficznego rozkładu jazdy.

Rozkład jazdy każdej poszczególnej linji najdogodniej jest wpisywać w specjalny formularz, jaki widzimy na rys. 222-im.

Oprócz takich szczegółowych rozkładów jazdy dla każdej linji, sporządzić należy jeszcze rozkład jazdy dla każdej wozowni. Taki rozkład zawiera godzinę wyjścia pierwszych i zejścia ostatnich wozów wszystkich z danej wozowni obsługiwanych linji, odstępy czasu w jakich mają odchodzić wozy każdej linji, godzinę wyjścia ewent. dodatków, czas trwania kursu, ilość kursów dla każdej linji, ilość wozów tak dla każdej linji, jak i ogólną dla wozowni, oraz ilość służby dla każdej linji i ogólną. Taki rozkład widzimy na rys. 223-cim.

Pozatem sporządza się jeszcze ogólny rozkład jazdy dla orientacji dyrekcji, rys. 224-ty, który zawiera zestawienie wszystkich linji, godziny wyjścia i zejścia wozów, gęstość ruchu, ilość wozów, ilość kursów, ilość służby i t. d.

Zawiadowcy stacji czyli wozowni, opracowują na podstawie tych rozkładów jazdy podział zajęć służby ruchu.

Z natury rzeczy wynika, iż służba bywa na jednych linjach lżejsza, na innych cięższa, jużto skutkiem dłuższych lub krótszych postojów i kursów, większej lub mniejszej frekwencji, ruchliwości ulic i t. p. Otóż rzeczą jest zawiadowcy opracować sprawiedliwy podział zajęć tak, aby służbę kolejno zmieniać z linji cięższych na lżejsze i odwrotnie. Jeżeli służba ruchu pracuje bez przerwy w dwu zmianach, to powstaje zmiana ranna i zmiana popołudniowa.

Pozatem nie wychodzą przecie wszystkie wozy razem, lecz w pewnych odstępach czasu; jeżeli n. p. kurs pewnej linji trwa 80 minut, to ostatni wóz wychodzi w 80 minut po pierwszym. Należy przeto rozkład jazdy tak opracowywać, aby motorniczy i konduktor, którzy jednego dnia obsługiwali pierwszy pociąg, dnia następnego naznaczeni byli na późniejszy i t. d. aż do ostatniego, i na odwrot. W dzień zmiany służby, zwykle raz na tydzień, służba schodząca z ostatniego wozu wieczornego, powinna być naznaczona na jeden z ostatnich wozów

Ekspedycja \_\_\_\_\_

# Rozkład jazdy dla linii № \_\_\_\_\_

Czas kursu ..... min.

z jazdy ..... min.

Postoje: ..... min.

liczba wagonów	z remizy	z remizy	BAZIS
Kolorowy znak			
dotyczy			
Rozkład			
Przebiegówca			
dotyczy			
Rozkład			

№ kolejki wagonów	Wylazki i rezerwy		Kurs 1.		Kurs 2.		Kurs 3.		Kurs 4.		Kurs 5.		Kurs 6.		Kurs 7.		Kurs 8.		Kurs 9.		Kurs 10.		Kurs 11.		Kurs 12.		Kurs 13.		Kurs 14.		Kurs 15.		Kurs 16.		Kurs 17.		Powrót do remizy		
	godz. min.	godz. min.	godz. min.	godz. min.	godz. min.	godz. min.	godz. min.	godz. min.	godz. min.	godz. min.	godz. min.	godz. min.	godz. min.	godz. min.	godz. min.	godz. min.	godz. min.	godz. min.	godz. min.	godz. min.	godz. min.	godz. min.	godz. min.	godz. min.	godz. min.	godz. min.	godz. min.	godz. min.	godz. min.	godz. min.	godz. min.	godz. min.	godz. min.	godz. min.	godz. min.				
1																																							
2																																							
3																																							
4																																							
5																																							
6																																							
7																																							
8																																							
9																																							
0																																							
10																																							
11																																							
12																																							
13																																							
14																																							
15																																							
16																																							
17																																							
18																																							
19																																							
20																																							

Uwagi \_\_\_\_\_





rannych dnia następnego tak, aby miała zawsze około 6—7 godzin wypoczynku. Oczywiście, iż zmiana ranna, która staje się obecnie wieczorną, ma skutkiem tego 21—23 godzin wypoczynku; w ten sposób każdy z motorniczych czy konduktorów ma co dwa tygodnie wypoczynek 21 — 23 godzin, ale również co dwa tygodnie raz tylko 6 — 7 godzin.

Do tego dochodzą dodatki, uważane przez służbę zawsze za pracę cięższą, wolne dni, dyżury, służby specjalne i t. p. tak, iż opracowanie podziału zajęć jest zawsze rzeczą kłopotliwą i dość zawiłą. Rzecz się jeszcze znacznie komplikuje, jeżeli pracownicy pełnią swą służbę w dwu zmianach, ale z przerwami. Wtedy należy te przerwy odpowiednio przesuwać, dostosowując je z jednej strony do wymagań ruchu, z drugiej zaś do możliwie równomiernego podziału pracy.

Na rys. 225-tym widzimy formularz do wypisywania podziału zajęć.

Wobec konieczności pracy w niedziele i święta, należy zawsze zapewnić służbie ruchu pewną ilość dni wolnych rocznie. Ilość ta zależna będzie oczywiście od umowy. Jeżeli n. p. pozostawia się dzień wolny na miesiąc, a zatem 12 rocznie, to oznacza to, iż należy zwiększyć ilość służby ruchu o 3,9%. Zdarzają się i takie warunki, iż co trzeci lub czwarty dzień wolny powinien koniecznie wypadać w niedzielę lub święto; jestto dla dyrekcji nadzwyczaj uciążliwe, gdyż właśnie w te dni ruch bywa najsilniejszy.

Aby określić potrzebną wogóle ilość służby ruchu, należy do ilości służby na wagonach, określonej na podstawie rozkładu jazdy, dodać jeszcze niezbędne dyżury, zwykle na każdej wozowni oraz ważniejszym punkcie krańcowym po jednym komplecie na zmianę, ilość pracowników, zajętych służbą specjalną, jako to: roboty kancelaryjne, przewóz pieniędzy, inkaso, szkoły i t. p., odpowiedni procent dni wolnych, oraz określony doświadczeniem procent na chorych, nieobecnych, urlopowanych i t. p. (wynosi to zwykle 4—6%).

Ilości służby nie należy nigdy określać zbyt skąpo, gdyż zawsze lepiej będzie mieć parę zbytecznych kompletów, jak być zmuszonym ściągać z linii pociąg z powodu braku służby.

Wszystko wyżej powiedziane stosuje się również i do kolei podmiejskich i dojazdowych. Dodać tylko wypada, iż należy się zawsze starać, aby wozy czy pociągi takich kolejek wchodziły możliwie do środka miasta, chociażby po torach tramwajowych, a nie zatrzymywały się poza miastem na specjalnych stacjach, gdyż tylko takie koleje, do pociągów których można wsiadać na ulicach miasta, jak do wozów tramwajowych, zapewniają prawdziwie dogodną komunikację podmiejską. Że tak rzeczywiście jest, dowodzi tego okoliczność, iż w ten wła-





D Y Ż U R N I			C H O R Z Y			N I E O B E C N I					
Konduktorzy		Motorniczowie		Konduktorzy		Motorniczowie		Konduktorzy		Motorniczowie	
Nr	Nazwisko	Nr	Nazwisko	Nr	Nazwisko	Nr	Nazwisko	Nr	Nazwisko	Nr	Nazwisko
<p align="center"><b>Z a w i e s z e n i</b></p>											
<p align="center"><b>U r l o p o w a n i</b></p>											
<b>Razem</b>											

Rys. 225a.

D N I E W O L N E			S K Ł U Ż B A S P E C J A L N A			
Konduktorzy		Motorniczowie	Konduktorzy		Motorniczowie	
Nr	Nazwisko	Nr	Nazwisko	Rodz. zajęcia	Nr	Nazwisko
<b>Razem</b>			<b>Rys. 225b.</b>			



śnie sposób są budowane wszystkie nowsze koleje podmiejskie, jak n. p. Kolonja, Frankfurt, Hamburg i t. p.

**2. Wyszkolenie służby ruchu.** Gruntowne wyszkolenie, jak również i staranny dobór służby ruchu jest rzeczą pierwszorzędną, aczkolwiek często bardzo niedocenianej, wagi. Nie należy przeto nigdy pod tym względem żałować ani trudów, ani kosztów, gdyż te zawsze opłacą się później stokrotnie.

Co do kwalifikacji, jakich należy wymagać od kandydatów na służbę ruchu, to zdania są tu podzielone, gdyż oprócz odpowiedniego zdrowia fizycznego i umiejętności czytania i pisania, a przynajmniej dla konduktorów znajomości 4-ch działań, niektórzy są zdania, iż od przyszłych motorniczych należy wymagać i pewnych znajomości ślusarstwa. Zdaniem naszym jestto jednak nietylko zbyteczne, lecz często nawet wprost szkodliwe; dokładnie zapoznać każdego motorniczego z całym mechanizmem elektrowozu niepodobna, a niedostateczne znajomości ślusarskie skłaniają go tylko do różnych, zwykle dla elektrowozu fatalnych, eksperymentów i prób poprawiania w razie ewentualnych uszkodzeń.

Przyjęci już kandydaci powinni przedewszystkiem przejść pod kierunkiem kontrolerów i instruktorów szkołę teoretyczną, w której poznają przepisy danej eksploatacji i nabierają ogólnych pojęć o elektrowozach, sposobach ich kierowania i t. d. Przepisy eksploatacyjne, dostosowane do miejscowych warunków, winny być nader starannie opracowane. Jako przykład podajemy na końcu odpis przepisów tramwajów miejskich warszawskich.

Taka szkoła teoretyczna trwa 10—15 dni, poczem zdają kandydaci egzamin.

Po zdaniu egzaminu wyznaczeni bywają konduktorzy na wozy do doświadczonych, starych konduktorów, aby się obznajmić z manipulacjami biletowymi, motorniczowie zaś do doświadczonych i dobrych motorniczych, pod dozorem których uczą się prowadzić elektrowóz, względnie pociąg. Dodać należy, iż już podczas szkoły winni kandydaci odbyć parę wyjazdów wagonem szkolnym pod dozorem instruktora, dla nabrania pierwszych wiadomości o kierowaniu pociągiem.

Po nabyciu odpowiedniej wprawy zdają znowu kandydaci egzamin i dopiero wtedy mogą być dopuszczeni do samodzielnego prowadzenia pociągu.

Praktyka taka trwa dla motorniczych zwykle 2—4 tygodni, dla konduktorów nieco krócej. Oprócz tego pożądaną jest, aby służba przechodziła w pewnych odstępach czasu, n. p. co rok lub dwa, szkoły powtórne. W powtórnych tych szkołach można już wiadomości tech-

Przyjęty .....  
 Zastępca .....  
 Klasa III .....  
 Klasa II .....  
 Klasa I .....

Stacja .....

Wyszkolenie .....

Prawo jazdy na linjach .....

Nr .....

Dowód służbowy.

Nr .....

Data .....  
 Odznaczenia za jazdę .....

Data	Wyszczególnienie	P R Z E W I N I E N I A			K a r a		N a g r o d a		U z d o l n i e n i e	
		NIEJACHANIA	ZŁA JAZDA	DYSCYPLINARNE						
	Na wagony z uszkodzeniem									
	Na wagony bez uszkodzenia									
	Na wehikuly z winy motorniczego									
	Na wehikuly bez winy motorniczego									
	Niejasne									
	Na przechodnia szkodliwie									
	Na przechodnia nieszkodliwie									
	Niedozwolona „9“									
	Gwałtowne hamowanie									
	Sypanie piasku									
	Skrzyżowanie									
	Przyśpieszenie przyjazdu									
	Rozmowy w czasie jazdy									
	Nie stawiał się na służbę									
	Nie podał sygnału									
	Malwersacje									
	Pijaństwo									
	Różne									
	Nagana									
	Pieniężna									
	Zawieszenie									
	Pochwała									
	Pieniężna									
	Stopień z jazdy									
	Średniówka podług czasomierza									
	Grupa									
		PRZEZ KOGO ZAUWAŻONE								

Rys. 226.



Przyjęty .....  
 Zastępca .....  
 Klasa III .....  
 Klasa II .....  
 Klasa I .....

Nr .....  
 Stacja .....  
 Wyszkolenie .....

Nr .....  
 Dowód służbowy.  
 Nr .....  
 Data .....

D a t a	Wyszczególnienie		<b>P R Z E W I N I E N I A</b>										Kara		Nagroda		Przez kogo zauważone										
			<b>B I L E T O W E</b>					<b>TECHNICZNE</b>					Nagana	Penięzna	Zawieszenie	Pochwała		Penięzna									
	Bez biletu	Pozza kurs	Pobrana opłata wleku- sza jak wartość biletu	Pobrana opłata za bi- let nie wydany	Ociągał się z wyda- niem biletu	Sprzedat zużyty bilet	Nie sprzedał biletu wolnej jazdy	Wydawał niewinści- we bilety	Zie kreslenie bile- tów	Zie zapisywał cedując	Niewłaściwie zachowywał się wobec pasażerów	Podawał sygnał ze strod- ka wagonu	Nie ogłaszanie przystan- ków	Nie wydawał reszty	Nie stawil się na służbę	Pijanstwo	Pałak	Światło	Spihanie wagonów	Przenoszenie drzwi- czek	Różne	Nagana	Penięzna	Zawieszenie	Pochwała	Penięzna	

Rys. 227.

niczne o konstrukcji elektrowozów nieco pogłębiać, zwracać uwagę na różne czynniki, wpływające na zużycie pracy i t. d.

Byłoby oczywiście bardzo pożądane, aby wszyscy konduktorzy byli na tyle obznajmieni z prowadzeniem elektrowozu, aby mogli w razie potrzeby zastąpić motorniczego, i nawzajem, aby motorniczowie mogli zastępować konduktorów. W praktyce da się to jednak skutecznie chyba tylko w bardzo małych eksploatacjach, przy nielicznym personelu. Przy większych eksploatacjach wypada przeważnie zadowolić się tem, iż konduktorzy wyuczają się o tyle manipulacji prowadzenia elektrowozu, aby mogli w razie koniecznym wagon zatrzymać.

Tak młodzi konduktorzy, jak i motorniczowie wyszkoleni bywają początkowo na paru tylko liniach, otrzymują więc prawo jazdy na razie na tych tylko liniach; z biegiem czasu należy jednak ilość tych linii zwiększać (wyznaczając ich na dodatkowe krótkie praktyki) tak, aby posiadali prawo jazdy conajmniej na wszystkich liniach obsługiwanych z danej remizy.

Wyszkolenie, przewinienia, zasługi, kary i awanse, rezultaty egzaminów i t. p. należy wpisywać w stan służby każdego motorniczego czy konduktora; powstają z tego t. zw. księgi stanów służby. Rzut oka na takie księgi daje możliwość natychmiastowego zorientowania się co do wartości i zdolności służbowych danego osobnika. Schemat takich stanów służby dla motorniczych i konduktorów widzimy na rys. 226-ym i 227-ym.

**3. Kontrola ruchu, służba starsza.** Starsza służba ruchu składa się z kontrolerów, instruktorów i ewent. ekspedytorów. Obowiązkiem kontrolerów jest przede wszystkim kontrola sprzedaży biletów, a dalej baczenie na ogólny porządek w pociągach, zwracanie uwagi na zachowanie się służby pociągowej wobec publiczności, łagodzenie ewent. zatargów i nieporozumień i t. d. i wogóle pilnowanie porządku na linii.

Instruktorzy mają głównie za zadanie wyszkolenie służby i pilnowanie, aby motorniczowie przestrzegali przepisów jazdy, starali się możliwie oszczędzać energję, prowadzili pociągi prawidłowo i umiejętnie itd.

Pozatem winni tak kontrolerzy, jak i instruktorzy w razie wypadków, zatrzymania ruchu, zatarasowania linii i t. d. natychmiast zjawiać się na miejscu wypadku i tam starać się przeszkody usunąć, ruch wznowić i uregulować, ewent. spisać nazwiska i adresy świadków, którzyby mogli stwierdzić czyja jest odpowiedzialność i t. d.

Funkcje kontrolerów i instruktorów mogą często być zjednoczone w jednej osobie; ma to przeważnie miejsce przy mniejszych eksploatacjach. W każdym jednak razie muszą być kontrolerzy gruntownie zaznajomieni z przepisami jazdy, a instruktorzy z kontrolą biletów i posiadać prawo pierwszego kontrolowania motorniczych, a drudzy konduktorów.

Ścisłości wykonania rozkładu jazdy pilnują ekspedytorzy. Ekspedytorzy pełnią służbę na stacjach krańcowych w t. n. ekspedycjach. Tu, mając przed sobą szczegółowy rozkład jazdy każdej kończącej się tu linii, wpisują w odpowiednią książkę rzeczywisty czas przyjścia pociągu i badają powody wszelkich nieregularności. Wzór książki ekspedycyjnej widzimy na rys. 228-ym.

Za pośpieszenie wyżej 1 minuty motorniczy jest stanowczo odpowiedzialny, a również za wszelkie nieusprawiedliwione opóźnienie (opóźnienia usprawiedliwia n. p. zatarasowanie torów, brak prądu i t. p.). Następnie ekspedytorzy wyprawiają pociąg w czasie określonym rozkładem, lub w razie opóźnień i zatrzymań, w odpowiednich po sobie odstępach czasu; dla umożliwienia kontroli na linii wpisują oni pozatem czas przyjazdu i odjazdu motorniczych w ich cedule, rys. 229-ty.

Linja Nr. .... dnia ..... m-ca ..... 191 ... r.

№ wagonu		№ motorniczego	№ konduktora		Przyjazd		Czas trwania kursu	Odjazd normalny		Odjazd rzeczywisty		U W A G I
motorniczego	przyczepnego		wagonu motorniczego	wagonu przyczepnego	godz.	minut		godz.	minut	godz.	minut	

Rys. 228.

Jeżeli n. p. na linii, której gęstość ruchu wynosi 5 minut powstało takie zatarasowanie, iż ruch był zatrzymany przez 30 minut, to do ekspedycji przybędzie razem 6 pociągów. Jeśliby ekspedytor owe 6 pociągów odprawił razem, to 30 minutowa luka pozostałaby dalej i trwałaby przez cały dzień. Winien on przeto pociągi odprawiać kolejno, a nie wszystkie razem. Jeżeli n. p. kurs na danej linii trwa normalnie 75 minut, w czem postój przy ekspedycji 10 minut (kursuje zatem ogółem 15 pociągów), to powróci pierwszy, po przerwie wysłany pociąg, do ekspedycji po upływie 65 minut. Skróciwszy postój o 7 min., do 3 min., czyni ekspedytor kurs = 68 minut i wyprawia pociągi co 4,5 minuty; w przeciągu 2 kursów odzyska ekspedytor w ten sposób 14 minut. Dłużej jak przez dwa kursa nie powinien jednak ekspedytor skracać postojów, aby zbyt nie wymęczać służby; pozostałe więc 16 minut albo wyrówna później w tensam sposób, albo, jeżeli się to skutecznie nie da, to straci  $16 : 5 = 3$  kursa (pojedynczych pociągów).

Pozatem decyduje ekspedytor o zejściu do wozowni uszkodzonych wozów, zamienia dyżurnymi ewent. chorych na służbie, wypuszcza w przepisany czasie dodatki, może w razie potrzeby przedłużyć ich kursowanie i t. p. Ekspedycja winna być koniecznie połączona telefonicznie z najbliższą remizą.

### KARTKA ODJAZDOWA

Linja №..... Eksp.....  
 Zmlana ..... Motorniczy №.....  
 Pociąg №..... Konduktor №.....

№ wagonu		Odjazd z Ekspedycji	Odjazd ze stacji krańcowej	Przyjazd do Ekspedycji	Czas w drodze	UWAGI
Motowarowego	Przyczepnego					

Ekspedytor .....

Rys. 229.

Ekspedycje i ekspedytorzy nie są niezbędni; wiele eksploatacji, a zwłaszcza wszystkie mniejsze, nie znają ich zupełnie. Funkcje ich pełnią wtedy kontrolerzy i instruktorzy. Czas odjazdu z krańcowej stacji wypisuje się odrazu w remizie motorniczemu w jego cedula, a wypełnienia tego pilnują kontrolerzy na linii; w razie zauważenia nienormalnego skupienia pociągów udają się oni wtedy na stację krańcową i tam ruch do normy doprowadzają. Niemniej ekspedycje są rzeczą nader korzystną, a koszt ich zawsze się sownie

# RAPORT

z dnia ..... 19...r.

Wypadek miał miejsce .....

jadąc w kierunku .....

godz. .... min. ....

Opis wypadku .....

.....

.....

.....

.....

.....

(podpis):

Rys. 230.

Linja № .....

Wagon № .....

Kurs № .....

Konduktor № .....

Nazwisko .....

Motorniczy № .....

Nazwisko .....

## ŚWIADKOWIE

Imię, nazwisko, stan, adres.

opłaca regularnością ruchu, sprężystością rozkładu i ogólnym porządkiem na linii.

Dobór służby starszej winien być jaknajstaranniejszy; należy obierać tylko ludzi bezwzględnie pewnych i godnych zaufania, gdyż przecie na ich raportach musi dyrekcja zupełnie polegać. Na kontrolerów najlepiej jest awansować doświadczonych i o wypróbowanej uczciwości konduktorów. Ekspedytorów można rekrutować tak z pośród konduktorów jak i motorniczych. Co do instruktorów, lub w razie połączenia tych funkcji z kontrolerstwem kontrolerów-nauczycieli, to wymagania co do inteligencji i zdolności są tu jeszcze większe. Oprócz innych kwalifikacji muszą ludzie ci znakomicie znać jazdę; pożądane też są tu możliwie gruntowne wiadomości montersko-ślusarskie. Rekrutować najlepiej instruktorów częściowo z pośród konduktorów i motorniczych, a częściowo z pośród dobrych fachowych ślusarzy-montarów.

Niezależnie od dozoru kontrolersko-instruktorskiego winna koniecznie służba ruchu zdawać piśmienne raporty o każdym wypadku na linii, czy to zderzeniu pociągów z wozem, czy najechaniu, czy przerwie ruchu, czy wreszcie zająsci u pasażerem i t. p.

Formularz takiego raportu widzimy na rys. 230-ym.

**4. Czynniki wpływające na zmniejszenie lub zwiększenie zużycia energii.** Jak to już widzieliśmy, zużycie pracy zależy nietylko od czynników dla danej eksploatacji niezmiennych, jako to: wagi wozów względnie pociągów i ich budowy, profilu linii, maksymalnej i średniej prędkości jazdy, budowy torów i profilu szyn i t. p., ale i od wielu wybitnie zmiennych czynników, jako to: stanu szyn, czyli lepszego lub gorszego ich utrzymania, czystości torów, utrzymania wozów, gęstości przystanków i zwrotnic, czasu postoju na nich, frekwencji, pogody i t. d. i wreszcie, i to w wysokim bardzo stopniu, od umiejętności motorniczych. Skutkiem tego zużycie energii w jednej i tej samej eksploatacji może ulegać, i w rzeczywistości ulega, wahaniom z dnia na dzień, z jednej pory roku na drugą, od pociągu do pociągu i t. d., które niejednokrotnie mogą dochodzić do 100%, a nawet i więcej.

Toteż winien każdy naczelnik ruchu stale zużycie śledzić i przyczyny wszelkiego jego anormalnego wzrostu pilnie badać i możliwie usuwać.

Czynniki wpływające na zużycie energii dadzą się podzielić na dwie kategorie, a mianowicie: 1) Czynniki wpływające na zwiększenia oporu trakcji, a więc większe lub mniejsze zanieczyszczenie torów, stan szyn (rozluźnianie, wybite złącza, falistość szyn i t. p.), utrzymanie wozów i t. d. i 2) Czynniki powodujące większe lub mniejsze niszczenie

siły żywej, jak: gęstość przystanków, ruch uliczny, czas zatrzymania na przystankach, umiejętność motorniczego i t. d.

Jak wielki jest wpływ stanu szyn na opór trakcji, pokazują wyniki licznych prób przeprowadzonych w Warszawie, które poniżej podajemy:

**Opór trakcji przy różnych stanach szyn.**

N <sup>o</sup> pomiaru	Stan szyn	Opór trakcji kg. na tonnę	U W A G I.
1	Suche czyste . . .	10,4	
2	" " . . .	11,4	
3	Suche b. czyste . .	8,2	
4	Suche . . . . .	11,5	
5	Suche zabrudzone .	16,1	Duży ruch wozowy
6	Wilgotne brudne . .	13,7	Mróz — 7° R. szyny solone
7	Suche . . . . .	19,4	Szyny z płytkami rowkami
8	Wilgotne . . . . .	11,8	Mróz — 7° R. szyny solone
9	Wilgotne czyste . .	9,0	Szyny solone
10	Suche obmarznęte .	12,8	
11	Suche czyste. . . .	10,3	
12	Suche normalne . .	12,0	
13	Wilgotne brudne . .	11,8	Mróz — 7° R. szyny solone
14	Wilgotne średnie . .	10,0	" — 7° " " "
15	Wilgotne . . . . .	10,8	" — 8° " " "
16	" . . . . .	10,4	" — 8° " " "
17	Suche . . . . .	16,9	Mróz — 15° R. szyny nie solone
18	" . . . . .	18,3	" — 15° " " " "

Wykluczając pomiar N<sup>o</sup> 7, jako robiony na szynach ze zbyt płytkimi rowkami, oraz pomiary N<sup>o</sup> 17 i 18, jako robione przy wyjątkowo wielkim mrozie, widzimy, iż opór trakcji waha się od 8,2 do 13,7 kg. na tonnę, a zatem o jakie 67%.

Pomiary te pokazują dalej jak bardzo wpływa na zwiększenie oporu trakcji suchy mróz, nawet bez śniegu i jak skutecznie temu przeciwdziała solenie. Obserwowano, iż zużycie prądu, wynoszące przy takim mrozie 3500 amp., spadło po posoleniu do 2800 amp. Podobne zjawiska obserwowano i w innych miastach, n. p. w Chrystjanji, Berlinie i t. d. Przyczyną tego zwiększenia jest prawdopodobnie przymarzanie do szyn błota i brudu ulicznego i powstawanie w ten sposób nierównej, chropowatej powierzchni, tem twardszej, im silniejszy jest mróz.

Aby się przekonać, czy solenie nie dałoby się zastąpić starannem czyszczeniem przeprowadzono w Warszawie szereg prób, które dały następujące wynik:

Mróz — 2° do — 3° R.

Przed oczyszczeniem szyn opór trakcji	13,5 kg. na tonnę
Po normalnem oczyszczeniu opór trakcji	12,2 " " "
Po nader starannem oczyszczeniu opór trakcji	11,2 " " "

W braku odpowiednich maszyn czyszczono szyny ręcznie.

Aczkolwiek więc staranne oczyszczenie dało dość dobre wyniki, to jednak osiągnięty skutek nie dorównywa skutkom solenia.

Jak niepomiernie może wzrosnąć opór trakcji skutkiem śniegu, dowodzą tego pomiary, dokonane w Berlinie w roku 1899-tym przez G. Boesslerera i dr. Kiseritzky'ego. Mierzono ilość ampero-godzin, oddaną przez baterję akumulatorów wozu motorowego na jednej i tejsamej przestrzeni przy różnych stanach szyn. (W śródmieściu Berlina kursowały wówczas wozy akumulatorowe.)

Na przebycie tej przestrzeni zużywano normalnie 6 ampero-godzin.

Szyny czyste	4,97 ampero-godzin
Silny mróz i śnieg	19,6 "
Mróz bez śniegu	16,1 "
Odwilż, mokry śnieg	9,4 "
Odwilż, szyny mokre i brudne	7,4 "

Na str. 392 tom I widzieliśmy, jaki wpływ wywiera na opór trakcji smarowanie wozu. Nie potrzeba chyba nadmieniać, iż złe n. p. wyregulowanie hamulców, przyczem klocki hamulcowe niedość odchodzą od obręczy kół i trą o nie, może ogromnie zwiększyć opór trakcji. Takie „ciężko chodzące” elektrowozy najlepiej wylawiają sami motorniczowie, jeżeli ich tylko uczynić odpowiedzialnymi za zbyteńne zużycie energii.

Pomiary oporu trakcji powinny być powtarzane okresowo po całej linii, a oprócz tego dokonywane w każdym poszczególnym wypadku, zdającym się wskazywać na anormalny jego wzrost.

Opór trakcji można mierzyć kilku sposobami.

Wóz, któremu się nada pewną prędkość, przebiegnie po torze prostym i poziomym pewną drogę  $l$ , zależną od współczynnika oporu trakcji  $r$ .

Siła żywa, nabyta przez wóz, będzie:

$$\frac{W \cdot v^2}{2 \cdot g} K;$$

$K$  = współczynnik spowodowany masami rotacyjnymi,  
zwykle = 1,2—1,3.



Przyjmując średnio  $K = 1,2$ , otrzymamy :

$$r = \frac{1,2 \cdot v^2}{2 \cdot g \cdot l}.$$

Ponieważ często trudno bywa znaleźć odpowiednią długość szyn, leżących zupełnie poziomo, przeto praktycznie postępuje się nieco inaczej. Obrawszy około 200 m. linii prostej, leżącej na możliwie małej pochyłości, nadaje się wozowi pewną prędkość i pozwala mu się bieżąc nabytą siłą żywą do pewnego z góry określonego punktu, notując prędkość, z jaką wóz punkt ten mija. Następnie powtarza się to samo doświadczenie, ale w kierunku odwrotnym, przez co usuwa się wpływ ewent. pochyłości; jeżeli pochyłość ta będzie  $x$ , to współczynnik oporu trakcji będzie raz  $r + x$ , a drugi raz  $r - x$ , średnio zatem  $r$ .

Jeżeli prędkość początkowa była  $v_{a1}$ , a końcowa  $v_{b1}$ , odległość zaś między obranymi punktami  $l$  metrów, to otrzymamy :

$$\frac{W \cdot v_{a1}^2 - W \cdot v_{b1}^2}{2 \cdot g} \cdot 1,2 = W \cdot r_a \cdot l;$$

$$r_a = \frac{v_{a1}^2 - v_{b1}^2}{2 \cdot g \cdot l} \cdot 1,2,$$

a przy próbie w kierunku odwrotnym :

$$r_b = \frac{v_{a2}^2 - v_{b2}^2}{2 \cdot g \cdot l} \cdot 1,2;$$

$$r = \frac{r_a + r_b}{2} = \frac{v_{a1}^2 + v_{a2}^2 - v_{b1}^2 - v_{b2}^2}{4 \cdot g \cdot l} \cdot 1,2.$$

Sposób ten, bardzo dobry dla wozów doczepnych, jest dla wozów motorowych dlatego niewygodny, iż włącza w wartość  $r$  tarcie silnika w jego łożyskach i tarcie kół zębatych, które, jako niezależne od ciężaru wozu, nie powinny wchodzić w opór trakcji, lecz winny być włączone w współczynnik sprawności motoru. Dalsze źródło niedokładności leży w trudności ścisłego określenia wartości współczynnika  $k$ , jak również w tem, iż przyjmujemy  $r$  jako stałe przy wszelkich prędkościach. Powodować to może poważniejsze omyłki, zwłaszcza przy znaczniejszej wartości  $v_a$  i większych różnicach między  $v_a$  i  $v_b$ .

Druga metoda, dynamometryczna, polega na tem, iż do elektrowozu przyczepia się przez dynamometr drugi wóz, dla którego mamy oznaczyć wartość oporu trakcji, i następnie jedzie się ze stałą prędkością; dynamometr wskazuje wtedy bezpośrednią siłę pociągową, z której łatwo już wyliczyć wartość  $r$ .

Jeżeli idzie przytem o wóz motorowy, to należy uprzednio zdjąć małe koło zębate.

Powtarzając ten pomiar, ale bez zdjęcia przekładni, i porównując otrzymane wyniki, otrzymuje się wartość tarcia w łożyskach motorów i straty w przekładniach.

Metoda ta, aczkolwiek dość kłopotliwa, jest jednak zato bardzo dokładna. Najdogodniejsza jednak, a przytem najprostsza i zupełnie dokładna jest metoda elektryczna. Jak wiadomo, moment obrotu motoru prądu stałego z uzwojeniem szeregowem jest niezależny od napięcia, lecz zależy tylko od natężenia prądu. To ostatnie daje zatem dokładną miarę momentu obrotu, a zatem i siły pociągowej:

$$F = \frac{m \cdot z \cdot \eta}{R};$$

- $m$  = moment obrotu na ramieniu 1 metr,
- $z$  = przekładnia z motoru na oś,
- $R$  = promień kół w metrach,
- $\eta$  = współczynnik sprawności przekładni.

Mając daną charakterystykę motoru, łatwo odczytamy z niej moment obrotu, odpowiadający danemu natężeniu prądu.

Aby więc określić wartość  $r$ , wystarczy odczytać na dokładnym amperomierzu wartość prądu w chwili, kiedy ten się ustali (t. j. w chwili, kiedy prędkość stanie się stała, kiedy więc przyśpieszenie jest = 0).

Opór trakcji dla wozu doczepnego określa się w ten sposób, iż określiwszy wartość  $F$  dla wozu motorowego samego, powtarzamy pomiar z wozem doczepnym i porównujemy wartości; różnica otrzymanych sił pociągowych daje siłę pociagową dla wozu doczepnego.

Ponieważ linja momentu obrotu, a zatem i siły pociągowej, jest tylko w dolnej swej części, przy małych natężeniach prądu, zakrzywiona, w dalszym zaś przebiegu zbliża się bardzo do linji prostej, przeto wskazane jest dokonywanie pomiarów oporu trakcji jednym tylko motorem, jeżeli wóz ma ich dwa, aby pracować przy większym prądzie na motor.

Pewna niedokładność jest przy tej metodzie możliwa tylko wtedy, jeżeli współczynnik sprawności nie odpowiada ściśle wykresowi motoru; powstający jednak ewent. błąd nie ma praktycznego znaczenia.

W dziale pierwszym „Zużycie pracy“ rozpatrzyliśmy już wpływ, jaki wywiera na zużycie pracy maksymalna i średnia prędkość jazdy, względnie ich stosunek (str. 64—70).

Średnia prędkość jazdy w metrach na sekundę:  $v = \frac{L}{T}$ , jeżeli  $L$  długość linii wyrazimy w metrach, a czas  $T$ , określony rozkładem jazdy, w sekundach. Pomiedzy punktami krańcowymi jednak, a zatem na przestrzeni  $L$ , leży  $n$  przystanków, na których pociąg musi się zatrzymywać po  $t$  sekund tak, iż w biegu otrzymamy nie  $T$ , lecz  $T' = T - n \cdot t$  sekund.

Prędkość więc średnia pomiedzy przystankami będzie większa, mianowicie:

$$v' = \frac{L}{T - n \cdot t}.$$

Prędkość maksymalna, jaką może rozwijać pociąg, jest określona i zwiększona być nie może. Ponieważ zaś przyspieszenie powinno być zawsze możliwie największe (gdyż takie przyspieszenie jest dla zużycia pracy najkorzystniejsze), przeto możemy zwiększyć  $v'$  tylko kosztem większego zniszczenia siły żywej (zaczynając hamować przy większej prędkości, t. j. trzymając dłużej motory pod prądem).

Im większa jest ilość przystanków i im dłuższy postój na każdym z nich, tem większa będzie musiała być prędkość  $v'$ . Wynika z tego, iż im więcej przystanków lub im dłuższe postoje na nich, czyli, inaczej powiedziawszy, im większy stosunek  $\frac{v_{\max}}{v'}$ , tem większe będzie zużycie pracy przy utrzymaniu jednakowej prędkości średniej  $v$ .

Bardzo ciekawe dane co do wpływu gęstości przystanków na średnią prędkość jazdy podał p. Watmann na XVI Zjeździe Międzynarodowego Związku Tramwajów i Kolei Dojazdowych (Bruksela 1910).

Liczne próby robione w Kolonji pokazały, iż postój na przystanku nie może być krótszy jak 5 sek., nawet jeżeli nikt nie wsiada ani nie wysiada. Przy 2 osobach wsiadających lub wysiadających trwa postój około 9 sek., przy 3 osobach 12 sek.; na każdą dalszą osobę liczyć należy 2—3 sek. Średnio trwa postój około 10 sek. Dalej wymierzył, względnie obliczył p. Watmann straty czasu powstające na każdym przystanku skutkiem hamowania, a następnie przyspieszania, przyjmując przytem średnie przyspieszenie 0,3—0,4 m. s.<sup>2</sup>

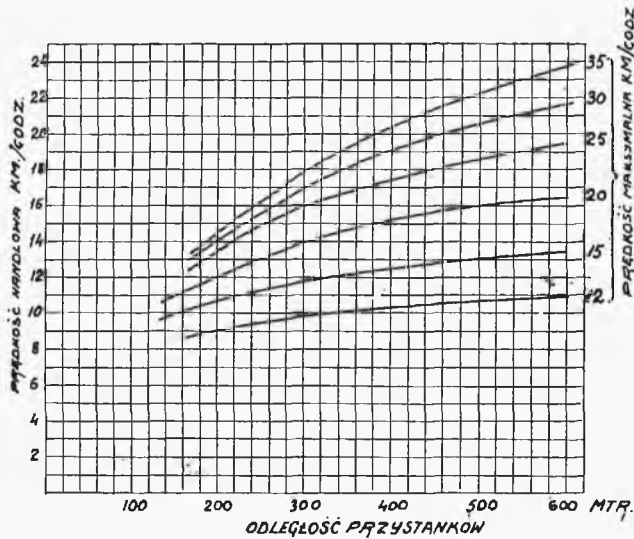
Przyjmując jak wyżej średni postój 10 sek. oblicza p. Watmann całkowitą stratę czasu na każdym przystanku przy różnych prędkościach maksymalnych jak następuje:

Przy prędkości maksymalnej	35 km.g.	29 sek.
„ „ „	30 „	27 „
„ „ „	25 „	25 „
„ „ „	20 „	23 „
„ „ „	15 „	20 „
„ „ „	12 „	19 „

Na podstawie tych obliczeń wykreślone są krzywe rys. 231-go, pokazujące zależność prędkości średniej (handlowej) od gęstości przystanków przy różnych prędkościach maksymalnych.

Jak widzimy wpływ gęstości przystanków jest tem większy, im większa jest maksymalna prędkość.

Przy danej ilości przystanków intensywność ruchu, a zatem ilość przewożonych osób, zwiększa czas postoju na przystankach, musi zatem zawsze powodować zwiększenie zużycia pracy. Różnie i ostre łuki, rozjazdy, zwrotnice, skrzyżowania i t. p. miejsca, gdzie pociąg musi bieg zwalniać, zmuszają, powodując stratę czasu, do zwiększania  $v'$  na innych częściach linii i zwiększają w ten sposób zużycie pracy, nieza-



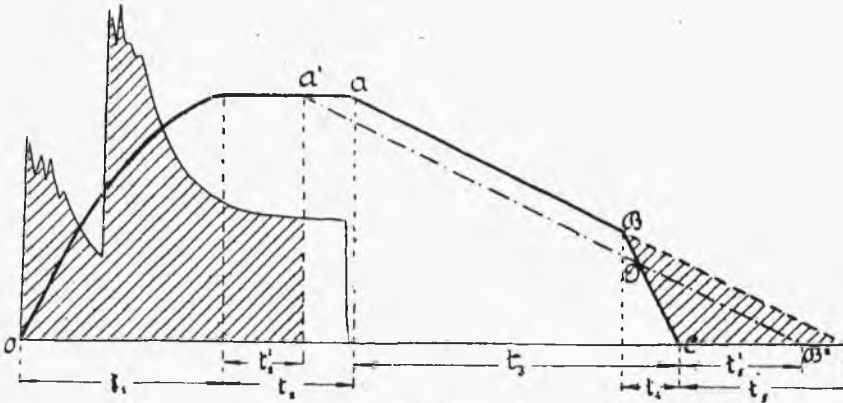
Rys. 231.

leżnie od zwiększenia tego zużycia, jakie one powodują bezpośrednio przez zwiększenie oporu trakcji. Taki sam wpływ mają i wszelkie przeszkody na linii, zmuszające nietylko do zupełnego zatrzymania, ale chociażby tylko do zwolnienia biegu pociągu. Duża zatem ilość pojazdów i wozów na ulicach i wogóle ożywiony ruch uliczny powodują, oprócz bezpośredniego zwiększenia zużycia pracy przez zabrudzenie szyn i zwiększenie oporu trakcji, również i pośrednie zwiększenie tego zużycia.

Na rys. 232-gim widzimy wykres prędkości elektrowozu między dwoma przystankami. Oznaczone na rys. czasy  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$  oznaczają czasy przyspieszenia, prędkości jednostajnej i zwolnienia. Pole zawarte pomiędzy linią prędkości a rzędną (czas) daje miarę przebytej drogi, musi przeto być  $= l$ .

Na tymże rysunku widzimy i linię mocy w kilowatach; pole zawarte między tą linią a rzędną daje oczywiście ilość zużytej pracy.

Elektrowóz zużywał pracę w czasie  $t_1 + t_2$ ; z chwilą, kiedy motory zostały wyłączone, zaczyna wóz tracić prędkość pod wpływem oporu traktacji; pochylenie więc linii  $AB$  daje miarę oporu traktacji w danym miejscu. Po upływie czasu  $t_3 - t_4$  zaczynają działać hamulce i zatrzymują wóz po czasie  $t_4$ . Gdyby hamulce nie działały, to wóz zatrzymałby się dopiero po upływie czasu  $t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5$  sekund, przebyłby jednak drogę  $l + l_1$  ( $l_1 =$  polu zacięniowanemu). Ponieważ jednak wóz winien się zatrzymać po przebyciu drogi  $l$ , przeto należałoby, nie chcąc hamować, wyłączyć prąd wcześniej, a mianowicie po upływie  $t_1 + t'_2$ . Czas ten otrzymamy prowadząc prostą  $A'B'$  równoległą do  $AB$  w takiej odległości, aby pole  $A'ABD$  było równe polu  $CD B'$ , gdyż wtedy pole  $O'A'ABC = l =$  polu  $O'A'DB'$ .



Rys. 232.

Zużycie pracy byłoby teraz mniejsze o powierzchnię nie zacięniowaną na rysunku, wóz jednak przebyłby przestrzeń  $l$  w czasie dłuższym od  $t_1 + t_2 + t_3$  o  $CB' = t_5$  sekund.

Wyżej opisana metoda wykreślna daje dogodny sposób określenia wpływu większej lub mniejszej prędkości średniej, względnie ilości przystanków i czasu postojów na nich na zużycie pracy. Mając dane linie prędkości i mocy dla jednego przejazdu przy określonej prędkości średniej i ilości przystanków, możemy łatwo określić zużycie pracy przy każdej innej prędkości i ilości przystanków. Pewną niedokładność spełniamy przytem przez to, iż opór traktacji określony pochyleniem linii biegu z rozpędu blisko przystanku może być dalej nieco odmienny, podczas kiedy kreśląc nową linię biegu z rozpędu równoległą do pierwszej przyjmujemy, iż jest on jednakowy; błąd ten jednak jest bardzo nieznaczny.

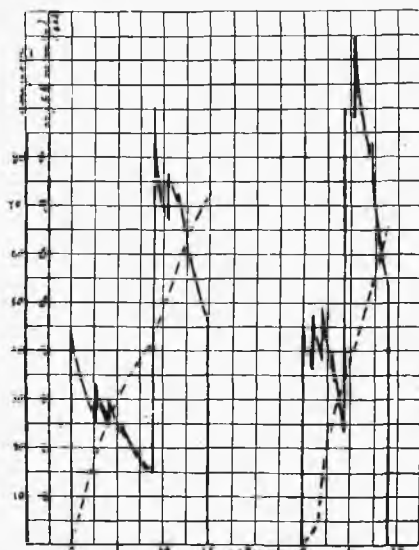
Szereg ścisłych tego rodzaju prób został przeprowadzony w Warszawie przy pomocy specjalnego wozu mierniczego, zaopatrzonego w przyrządy miernicze samopiszzące iskrowe o prędkości papieru 2 mm. na sekundę. Daną długość linii przejeżdżano wozem mierniczym tam i z powrotem, przestrzegając ściśle rozkładu jazdy i przepisów i zatrzymując się na przystankach tak długo, jak normalne wozy danej linii. Otrzymane w ten sposób wykresy prędkości i mocy na drodze 669 i 874 metrów widzimy na rys. 233-cim i 234-tym.

Zastosowując metodę wykreślną wyliczono następnie pracę, jaką elektrowóz zużyłby na każdej z tych linii, gdyby hamowanie zaczynało się dopiero przy prędkości 4 km. na godz. Wyniki wyliczeń zestawione są w tablicy na str. 271.

Z tablicy widzimy, iż zmniejszając prędkość jazdy (pomiar 1) z 14,4 km. godz. na 10,4 km. godz., t. j. o 36,7%, zaoszczędzamy 26,3% pracy.

Pomiar 2 daje przy zmniejszeniu z 14,4 na 10,3 km. godz. oszczędność 36% pomiar 3 przy zmniejszeniu z 12,0 na 9,3 t. j. o 44% oszczędność 23,5%. Średnio zmniejszenie prędkości o 38% daje oszczędność energii 28,6%, czyli, iż zmniejszenie prędkości o 1% zmniejsza zużycie pracy o około 0,76% i na odwrót.

Pomiary 1 i 2 wykonane zostały na jednej i tej samej linii, przy czym przy pomiarze 1 zatrzymywano



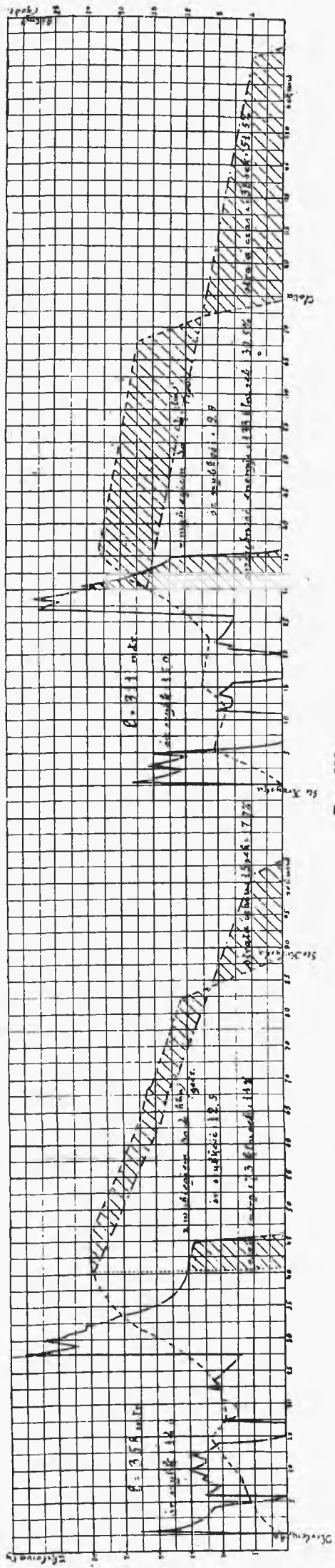
Rys. 235.

Rys. 236.

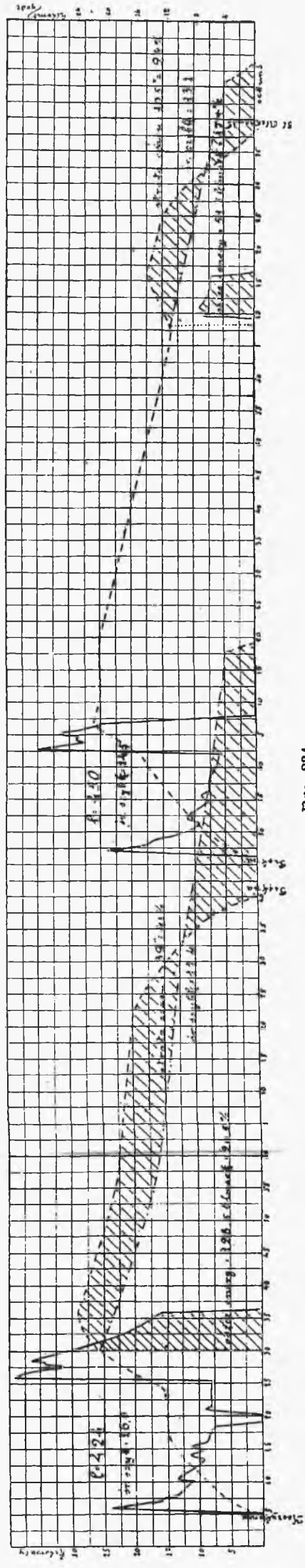
się na przystankach krótko, jak to ma miejsce przy małej ilości podróży, przy pomiarze zaś 2 dłużej, jak przy znaczniejszej ilości podróży; zużyto przytem o 82 watt-godzin = 5,2% pracy więcej.

Różnica ta byłaby zapewne jeszcze większa, gdyby nie to, iż prowadzący wóz ruszał w czasie próby drugiej znacznie szybciej, czem częściowo wyrównał straty spowodowane dłuższem zatrzymywaniem się na przystankach.

Na rys. 235-ym i 236-ym widzimy zdjęte w naturze wykresy natężenia prądu i prędkości przy szybszem i wolniejszym włączaniu regulatora, czyli szybszem i wolniejszym ruszaniu. Regulator posiadał 9 kontaktów, chwile ich włączania są na rysunkach wyraźnie widzialne, znając więc poszczególne opory łatwo wyliczyć możemy powstające w nich straty.



Rys. 233.



Rys. 234.

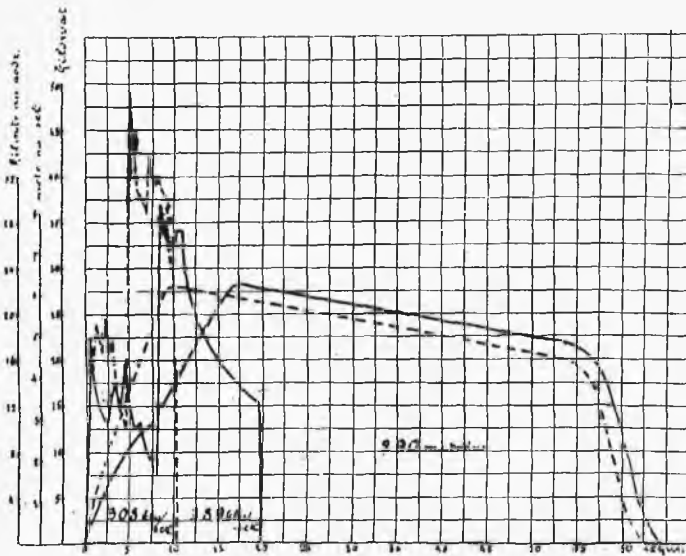
№ pomiaru	Przebieg przebyta w metrach		W Y M I E R Z O N E										Wyliczone przy biegu z rozpedu do 4 kilom. na godzinę					Średnie przyspieszenie metr. sek. na sek.			
	Zuzyto watt-godzin	Zuzyto na 1 kilometr watt-godzin	Jazda	Postoje	Razem	Średnia prędkość kilom. godz.	Czas jazdy z prądem	Średnia moc w kilowattach	Zuzycie watt-godzin	Watt-godzin	Procent	Czas jazdy bez postojów	Minut i sekund	Procent	Strata czasu	Średnia prędkość kilom. godz.	Z postojami		Czas jazdy z prądem	Średnia moc kilowatt	
1	3752	1578	422	14'42"	56"	15'38"	15,3	14,4	6'23"	14,8	1162	416	26,3	20'6"	5'24"	36,7	11,2	10,4	4'31"	15,4	0,265
2	3725	1650	455	13'21"	2'10"	15'31"	16,8	14,4	7'6"	13,9	1080	590	36,0	19'23"	6'2"	45,2	11,5	10,3	4'19"	14,7	0,286
3	4380	1810	413	19'33"	2'25"	21'58"	13,4	12,0	8'38"	12,6	1384	426	23,5	26'0"	6'27"	33,5	10,1	9,3	6'50"	12,3	



Przy ruszaniu, rys. 235-ty, wyłączono opory po upływie 15 sekund, przyczem otrzymano średnie przyspieszenie  $0,48 \text{ m. s.}^2$ ; przy ruszaniu, rys. 236-ty, po upływie 8 sek., przyspieszenie  $0,81 \text{ m. s.}^2$

Straty w opornikach wynoszą dla ruszania wolnego 16,4 watt-godzin, dla szybkiego 13,4 watt-godzin, są zatem pomimo większego prądu, mniejsze.

Na rys. 237-ym widzimy przebieg mocy i prędkości zdjęte w czasie przejazdu między dwoma o 290 m. odległymi przystankami. Średnie przyspieszenie do chwili wyłączenia oporników wynosi  $0,39 \text{ m. s.}^2$ ; zużycie pracy 389 kilowatt-sekund. Linje kropkowane wskazują przebiegi prędkości i mocy przy szybszem włączeniu, przyspieszenie  $= 0,67 \text{ m. s.}^2$  i utrzymaniu tej samej prędkości średniej; zużycie pracy



Rys. 237.

wynosi przytem tylko 308 kilowatt-sekund. Zwiększenie więc przyspieszenia od  $0,39$  do  $0,67 \text{ m. s.}^2$  zmniejszyło zużycie pracy o  $22,4\%$ .

Opór trakcji, wymierzony w czasie pomiaru oznaczonego w tablicy 3-ej wynosił, przy prędkości 23 kil. godz., 95 kg. razem z oporem powietrza; przy średniej prędkości 13 kil. godz. wynosiłby on około 80 kg. Na przebyciu przeto przestrzeni 4330 metrów bez zatrzymań z jedno-

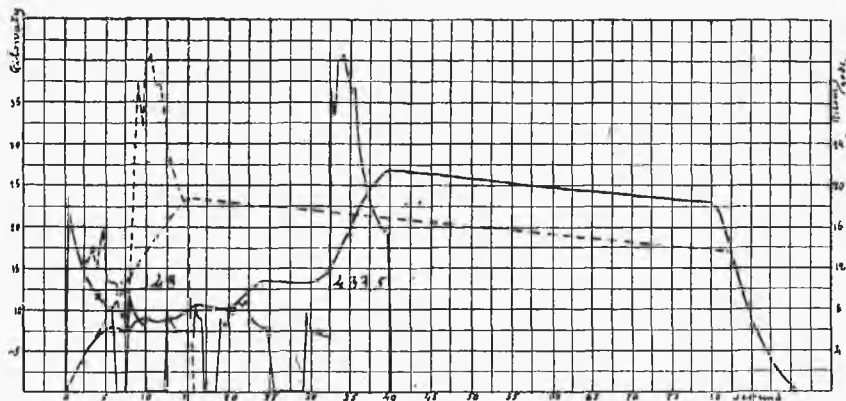
stajną prędkością zużyłoby  $\frac{80 \cdot 4330 \cdot 9,81}{3600} = 960$  watt-godzin na obwo-

dzie kół, lub, uwzględniając straty w motorach określone na podstawie ich współczynnika sprawności, odczytanego z wykresów, 1280 watt-godzin na zaciskach motorów. Rzeczywiste zużycie przy zachowaniu normalnych przystanków i przepisów jazdy wynosiło 1810 watt-godzin.

Zwiększenie oporu traktacji n. p. o 10% spowodowałoby w danych warunkach zwiększenie zużycia pracy o  $\frac{0,1 \cdot 1280}{1810} = 0,07 = 7\%$ .

Dla sprawdzenia tego wyliczenia przejechano jedną i tę samą przestrzeń raz elektrowozem, mającym współczynnik oporu traktacji = 11,7 kg. na tonnę, a drugi raz elektrowozem, mającym współczynnik oporu traktacji = 10,3 kg. na tonnę, czyli o 11,8% mniejszy. Stosownie do obliczenia powinny być więc zużycie pracy być w drugim przypadku mniejsze o 8%, w rzeczywistości zaś otrzymano różnicę 7,4%, czyli zupełnie dostateczną zgodność.

Rys. 238-my pokazuje wykres, zdjęty przy przejeździe od przystanku do przystanku, między którymi leży duży rozjazd, zmuszający



Rys. 238.

do zwolnienia biegu; linie kropkowane wskazują, jakie byłyby przebiegi prędkości i mocy, gdyby rozjazdu nie było. Przejazd rozjazdu powoduje dodatkowy rozchód pracy = 85,5 kilowatt-sekund.

Wpływ lepszego lub gorszego stanu samych szyn i torów pokazują pomiary, których wyniki zestawione są w następującej tabelicy. Pomiary te zostały wykonane w Warszawie, przy dość czystych szynach i suchej, ciepłej i ładnej pogodzie.

Liczne pomiary wykazały dalej, iż mróz, oprócz zwiększenia oporu traktacji skutkiem obmarznięcia szyn, powoduje jeszcze i „ciężki” bieg wozów, prawdopodobnie skutkiem obmarzania podwozia i całego mechanizmu.

Wyniki powyższych prób, obliczeń i pomiarów, aczkolwiek odnoszące się specjalnie do stosunków Warszawskich, pozwalają jednak na wyciągnięcie również i ogólniejszych wniosków z tem jednak zastrzeżeniem, iż wartości liczbowe mogą podlegać silnym wahaniom w zależ-

ności od miejscowych warunków, że przeto chcąc nimi operować, trzeba przedewszystkiem te różnice warunków uwzględnić.

N <sup>o</sup> Pomiaru	S T A N S Z Y N	Opór trakcji kilog.
1	Tory równe, dobre . . . . .	103
2	„ świeżo ułożone . . . . .	105
3	„ niedawno poprawiane . . . . .	105
4	„ niedawno poprawiane bardzo czyste . . .	98,7
5	Złącza trochę wybite . . . . .	106
6	Początki falistego starcia . . . . .	149
7	Tory rozregulowane . . . . .	125,5
8	Tory silnie rozregulowane, boczne kołysania wozu	139
9	Złącza znacznie wybite . . . . .	115

Widzieliśmy więc, że:

1) Spółczynnik oporu trakcji może się wahać w zależności od pogody i stanu zanieczyszczenia szyn w granicach od 8 do 18,3 kg. na tonnę, czyli przeszło o 125%. Najbardziej zwiększa opór trakcji mróz. W zależności od stanu torów może się opór trakcji wahać przeszło o 30%, przyczem opór zwiększają mniej wybite złącza, niż rozluźnione i rozregulowane tory (linja węzowa) oraz t. n. faliste starcie szyn.

2) Pewnemu zwiększeniu oporu trakcji nie odpowiada takie same zwiększenie zużycia pracy, lecz zawsze mniejsze. W Warszawie zwiększeniu oporu trakcji o 10% odpowiada zwiększenie zużycia energii o 7%. Stosunek ten będzie tem większy, im mniej jest przystanków, a zatem większy dla kolei, jak dla tramwajów.

3) Przystanki, rozjazdy i zwrotnice powodują znaczne zwiększenie zużycia energii, zwykle 30—40%; również wszelkie przeszkody w czasie jazdy powodują znaczne zwiększenie zużycia pracy. Ruchliwość więc ulic odbija się podwójnie na zwiększeniu zużycia pracy, raz przez zabrudzenie torów przez koła pojazdów i zwiększenie oporu trakcji, a powtóre przez zwiększenie ilości przeszkód w czasie jazdy.

4) Każde zwiększenie średniej prędkości jazdy powoduje zwiększenie zużycia pracy (w Warszawie zwiększenie prędkości o 1%—zwiększenie pracy o 0,76%).

5) Zużycie pracy przy danej średniej prędkości i danych warunkach jest tem mniejsze, im większe zastosujemy przyspieszenie; ogromne znaczenie ma tu umiejętność motorniczego.

6) Każde zwiększenie frekwencji powoduje również i zwiększenie zużycia pracy, a to bezpośrednio, powodując zwiększenie wagi wozów, oraz pośrednio, przez zwiększenie postoju na przystankach.

Wpływ bezpośredni normalnie nie bywa wielki; wóz motorowy o 40 miejscach waży zwykle około 10000 kg., waga zaś 40 osób nie przekracza 3000 kg.; zwiększenie więc liczby pasażerów (a zatem i dochodów) o 1% zwiększa bezpośrednio rozchód pracy o 0,3%.

Dla określenia wpływu pośredniego (wraz z bezpośrednim) porównywano w Warszawie w ciągu lat dwu zużycie energii i dochody w ładne, pogodne niedziele i święta; okazało się, iż zwiększeniu dochodów o 5,5% odpowiadało zwiększenie rozchodu pracy również o 5,5%.

Jak to już niejednokrotnie zaznaczono, wywiera umiejętność motorniczego ogromny wpływ na zużycie energii. Tempo włączania regulatora nieda się ściśle przepisami określić; jestto rzecz czucia, wprawy; zbyt wolne włączanie daje małe przyspieszenie, zbyt szybkie znowu powoduje ślizganie się kół i przeciąża motory. Również i hamowanie nieda się ująć w ściśle przepisy; powinno ono być energiczne, nie winno jednak powodować niemiłych wstrząśnięć. Dalej ocenienie momentu, w którym należy prąd wyłączyć, wymaga ogromnej wprawy.

Praktyka wykazała, iż dobry motorniczy może łatwo zaoszczędzić w porównaniu ze średnim, do 20%, a nawet i więcej energii. Różnica ta może być tem większa, im większa jest ilość przystanków, intensywniejszy ruch i większa prędkość średnia. Są to już różnice tak poważne, iż przewyższają zwykle wpływ wszystkich innych czynników, wpływających na zużycie pracy. Toteż, należy to raz jeszcze powtórzyć, nie należy nigdy szczerdzić ani kosztów, ani trudów na gruntowne i dobre wyszkolenie motorniczych, oraz stały i ścisły dozór ich na linii.

Niezależnie od stałego dozoru instruktorskiego, oddają tu znakomite usługi przyrządy miernicze, kontrolujące stale każdego motorniczego. Z tych najprostsze i najodpowiedniejsze są czasomierze, znaczące wiele czasu dany motorniczy prąd zużywał. Wprowadzenie czasomierzy spowodowało wszędzie znaczne oszczędności energii; w Warszawie n. p. wyniosła ta oszczędność do 10%, pomimo przed tem bardzo już małego zużycia pracy, dowodzącego dobrej jazdy motorniczych.

Dla uniknięcia nieporozumień zaznaczymy tu raz jeszcze, iż czasomierz nie daje bynajmniej miary rzeczywiście zużytej pracy, co byłoby zresztą zupełnie zbyt cenne dla osądzenia umiejętności motorniczego. Nie ten bowiem motorniczy będzie najlepszy, który zużyje bezwzględnie najmniej energii, ale ten, który zużyje najmniej energii stosując się przy tem ściśle do rozkładu jazdy i przepisów. Motorniczy, któryby n. p. rozwijał niedozwoloną maksymalną prędkość, albo mijał niektóre przystanki, zbyt prędko przejeżdżał rozjazdy, wreszcie stale się spóźniał nie rozwijając dostatecznej prędkości średniej, zużyłby zawsze mniej pracy, jak inny, chociażby najzdolniejszy, ale stosujący się ściśle do przepisów jazdy.

Wskazania czasomierza można zużytkowywać w rozmaity sposób. Jednym z najdogodniejszych, a przytem najprostszych jest sposób zastosowany w Warszawie.

Ze wskazań czasomierzy wylicza się codziennie, ewent. nawet dwa razy dziennie, na każdą zmianę, oddzielnie dla każdej linii wartość średnią, wyłączając przytem jawnie zbyt ciężko chodzące lub uszkodzone wozy. Różnica pomiędzy taką średnią, a wynikami odczytanymi na czasomierzach poszczególnych wozów chodzących na danej linii, daje miarę umiejętności motorniczego, prowadzącego dany wóz. Różnice te, wyrażone w minutach i ewent. zredukowane na pewną stałą ilość kursów, wpisuje się z odpowiednim znakiem, plus dla zużycia większego, minus dla mniejszego, w specjalne rubryki dla każdego motorniczego; co miesiąc wyprowadza się średnią dla każdego motorniczego i wpisuje ją w jego stan służby.

Zbyt wielkie różnice na plus pociągają za sobą dla motorniczego powtórne szkolenia, dodatkową praktykę i t. p., a w razie braku poprawy środki dyscyplinarne i ewent. zwolnienie ze służby, jako niezdatnego. Zbyt znowu wielkie różnice na minus nasuwają podejrzenie, iż dany motorniczy nie stosuje się do przepisów jazdy i powodują pilniejszy nad nim nadzór instruktorski.

Wpływ wozów doczepnych (jeżeli na danej linii chodzą wozy motorowe tak same, jak i z doczepnymi) wyłącza się, mnożąc wskazania czasomierzy przez pewien doświadczeniem określony współczynnik. O zbyt ciężko biegnących wozach meldują sami motorniczowie; wozy takie sprawdza instruktor i unieważnia odczytania czasomierza w razie stwierdzenia rzeczywiście ciężkiego biegu, wóz zaś odsyła do wozowni dla naprawy. Wpływ pogody, stanu szyn, ruchu i t. p. uwzględniony jest już przez to, iż średnią wyprowadza się codziennie i oddzielnie dla każdej linii. Dla opracowania odczytań czasomierzy około 200 wozów, wyciągnięcia średnich, wpisania ich, porobienia redukcji i t. p. wystarcza 2 pracowników biurowych.

Zamiast codziennego określania średnich w innych eksploatacjach ustalone są normy dla każdej linii, z którymi porównywuje się następnie wyniki osiągnięte przez poszczególnych motornicznych. Jako normy służą wyniki osiągnięte przez najlepszych motornicznych.

Nieco danych o zużyciu energii na tonno-kilometr podaliśmy już w tomie I str. 95 i 96; przypomnimy więc tu tylko, że zużycie to wynosi w normalnych warunkach zwykle 50—70 watt-godzin, przyczem jako wagę przyjmuje się wagę wozu motorowego bez obsady. W Warszawie np. wynosiło zużycie na wagono-kilometr w latach 1911 i 1912 średnio 530 watt-godzin, mierzonych na elektrowni, czyli 52 watt-godzin na tonno-kilometr. W Piotrogradzie otrzymano w roku 1911 na wagono-kilometr 853 watt-godzin, odpowiadające 80 watt-godzinom na tonno-kilometr.

**5. Wypadki, pogotowie.** Niezbędną jest rzeczą dać możność służbie pociągu usuwać drobniejsze przeszkody, dokonywać mniejsze naprawy i t. p. Tak n. p. służba pociągu musi przecie zmienić ewent. przepalone lampki w jednym z obwodów oświetleniowych pociągu, usunąć przedmiot zaklinowany w rowku szyny (n. p. podkowę), nasmarować zagrzaną oś, odciągnąć zacięte hamulce i t. d. Dalej należy służbie dać możność przedsięwzięcia pierwszych środków zaradczych w razie zerwania drutu roboczego, aby przynajmniej usunąć niebezpieczeństwo zetknięcia się z nim. Wszystko to wymaga tak pewnych zapasowych części, jako też i narzędzi, które winny się znajdować na każdym wozie motorowym w odpowiedniej na klucz zamkniętej skrzynce; klucz do niej posiada konduktor i motorniczy.

Zakres działalności służby wagonowej, czyli ilość i jakość uszkodzeń i wypadków, w których ona winna się starać dawać sobie sama radę, bywa bardzo rozmaity, zależnie od miejscowych warunków i wyszkolenia służby. Do tego stosuje się i dobór narzędzi, umieszczonych na każdym wozie.

Wobec niemożności gruntownego wyszkolenia technicznego służby ruchu nie należałoby powierzać jej wykonywania zbyt skomplikowanych reperacji, a ograniczyć się tylko do takich czynności, które większych uszkodzeń za sobą pociągnąć nie mogą i samych pracowników na niebezpieczeństwo nie narażają, przepisując we wszelkich innych wypadkach wzywać pomocy pogotowia technicznego.

W przepisach podanych na końcu dla służby ruchu tramwajów miejskich warszawskich znajdujemy dokładne wyliczenie tych wypadków, w których służba winna sobie radzić sama, oraz listę narzędzi zawartych w skrzynce wagonowej. Przepisy te zdają się być zupełnie racjonalne i odpowiednie.

W razie nieszczęśliwego wypadku z ludźmi, ewent. najechania na człowieka, zdarza się, iż najechanego nie można wydostać z pod wozu, nawet po przepiłowaniu deski ochronnej. W takim wypadku nie pozostaje nic innego, jak wóz podnieść do góry, co można uskutecznić tylko przy pomocy odpowiednich wind.

Również i w razie większych wykolejeń nie pozostaje nic innego, jak podnosić wóz do góry. W wielu urządzeniach umieszczają w tym celu w skrzynkach wagonowych parę małych lewarów, przy pomocy których można unieść wóz do góry na 150 do 250 mm. Zapewnia to wprawdzie prędszą pomoc, jak oczekiwanie przybycia pogotowia technicznego, nie zdaje się jednak być wskazane, gdyż takie podnoszenie ciężkiego wozu małymi windami o niezbyt pewnej podstawie, na przeważnie niezbyt równym bruku, przez niedostatecznie do takich czynności wprawiony personel, nie jest pozbawione poważnego niebezpieczeństwa i często może więcej zaszkodzić, jak pomódz.

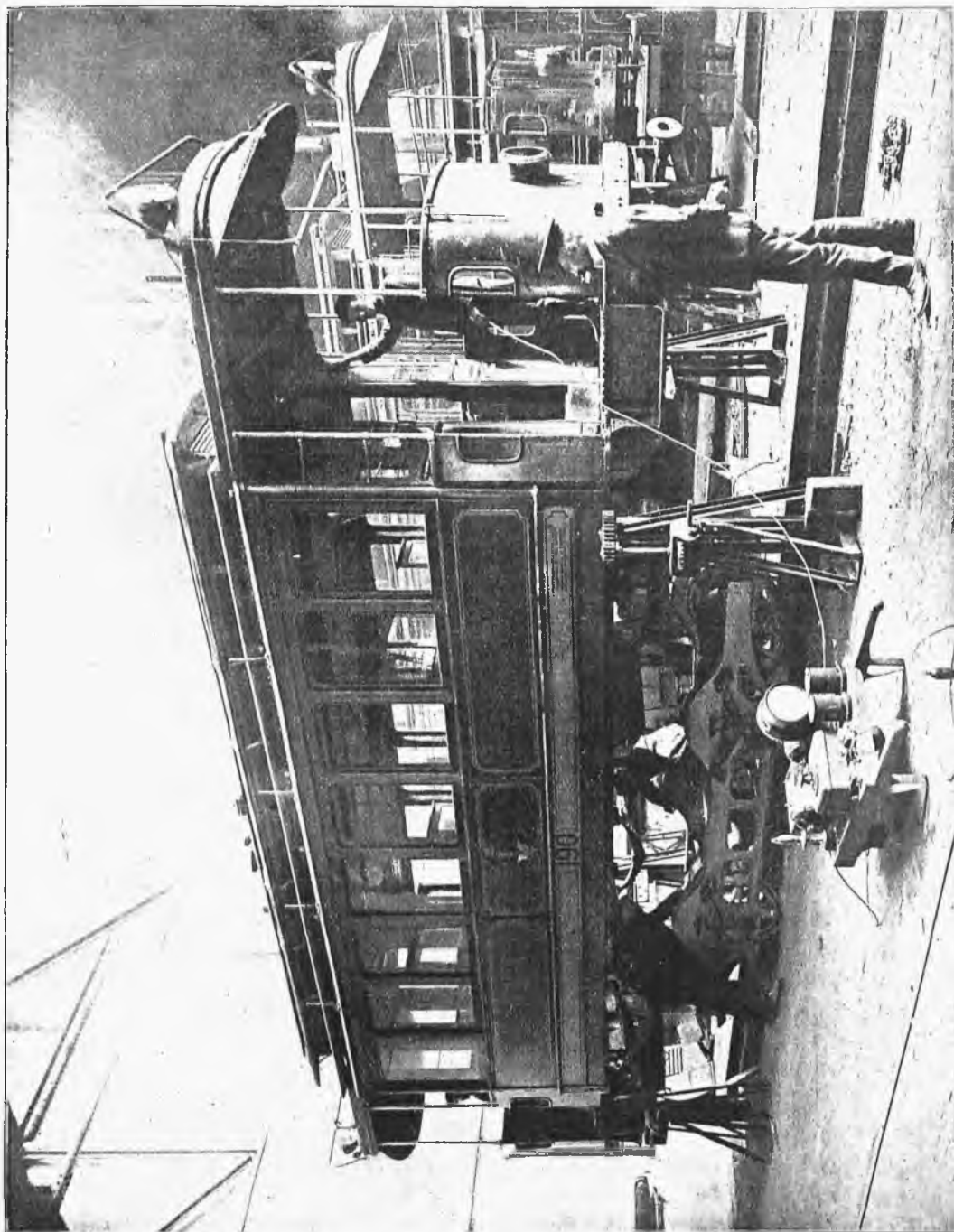
Dla usuwania poważniejszych przeszkód na linii, podnoszenia wozów, dokonywania doraźnych większych reparacji i t. p. należy przy każdej eksploatacji mieć t. zw. pogotowie techniczne. Nie mówiąc już o wypadkach najechania na ludzi, gdzie od prędkiej pomocy zależy może życie ludzkie, powoduje każda poważniejsza przeszkoda na linii, jak: wykolejenie pociągu, wywrócenie się na torach ciężkiego wozu lub furgonu konnego i t. p. poważne zaburzenia w całym ruchu, skupienie pociągów, przerwę ruchu i t. d., winna więc być jaknajprędzej usunięta.

Pogotowie techniczne składa się z odpowiedniego wozu konnego, lub lepiej samochodu, jeżdżącego nie po szynach, lecz po ulicy, zaopatrzonego w dobór odpowiednich narzędzi, a zatem silne windy i t. p., przy którym dyżuruje stale 3—4 ludzi. Wóz, poruszający się po szynach, byłby tu mniej zdatny, gdyż właśnie zatarasowanie torów nie pozwalałoby mu dojeżdżać do miejsca wypadku. Wozy więc takie stosowane bywają tylko na kolejach, których tory ułożone są na własnym torowisku; wobec braku odpowiednich dróg nie pozostaje tu nic innego, jak posługiwać się takimi właśnie wozami.

Pogotowie umieszcza się najlepiej przy wozowniach; dyżur pełnią wtedy ślusarze i monterzy remizowi. Ilość pogotowi i ich rozmieszczenie zależy oczywiście od wielkości eksploatacji i konfiguracji tak sieci torów, jak i ulic; w Warszawie n. p. były 4 wozy pogotowia, trzy konne i jeden samochodowy.

Każdy wóz zaopatrzonej jest w następujące narzędzia i przybory:

Windy z korbami	2	Młotek ręczny	1
Belka żelazna do wind	1	Podkładki pod maźnice	4
Lewary z korbami	2	Siekiera	1
Drągi żelazne	4	Piłka ręczna	1
Ścinak długi	1	Ścinak	1
Haki żelazne do łączenia		Wycinak	1
pułta z podwoziem	2	Śrubokrętów	2
Kratówki do podnoszenia		Przebijaków dużych	
wagonu	2	i małych	4
Klocki drewniane	2	Klucz francuski	1
Urządzenie do przewożenia		Kluczy do naśrubków	4
drabiny do sieci	1	Piłka do żelaza	1
Opon płóciennych	2	Oliwiarka	1
Lina 25 metrów długa	1	Pilnik płaski 12"	1
Linek po 5 metrów		Drągi dębowe	2
długości	4	Pochodnia	1
Łańcuch 10 metrów długi	1	Trąbka	1
Młot duży	1	Dzwon	1



Rys. 289.



Na rys. 239-tym widzimy windę do podnoszenia wozów; wind takich ustawia się, jeżeli idzie o podniesienie jednego tylko końca wozu dwie, po jednej z każdej strony. Pod wozem przesuwają się odpowiedniej wielkości teówkę żelazną, poczem wóz podnosi się kręcąc równomiernie korbami obu wind razem.

**6. Opłata za przejazd, bilety.** Rozróżniamy bezmała tyle różnych systemów taryfowych i biletowych, ile miast zaopatrzonych w tramwaje. Kwestja wysokości opłat bywa często z góry, przy udzielaniu koncesji, określona. Stanowi ona sprawę tak skomplikowaną i zależną od miejscowych warunków, rozwoju miasta i t. d., że opierać się na wzorach gdzieindziej wprowadzonych byłoby zupełnie niewłaściwe.

Doborem odpowiednich opłat, zmianą i dostosowaniem taryf można często nietylko ożywić martwe linje, ale nawet pchnąć rozwój miasta w pewnym pożądanym kierunku. Rozpatrywanie tych kwestji wychodziłoby jednak już zupełnie poza ramy niniejszego dzieła; stanowi to oddzielną gałąź nauki o rozwoju miast, t. zw. politykę taryfową.

Pozostawiając jednak na boku tak same systemy taryfowe, jak wysokości opłat, kwestję jednej lub dwu klas w wagonach i t. p. uważamy, iż zaznajomienie się ogólne z organizacją wydawania biletów i sposobami kontroli przy określonym systemie taryfowym nie będzie bezpożyteczne, gdyż ostatecznie zasady wydawania biletów i kontroli pozostają zawsze mniej więcej te same, a znając je, łatwo można je już zastosować do danych warunków.

Rozróżniamy więc przedewszystkiem dwa główne systemy taryf, a mianowicie: bez prawa przesiadania i t. zw. korespondencyjny.

Jako przykład pierwszego obieramy Warszawę, gdyż wprowadzony tu przed wojną system był jednym z najmniej złożonych, nadaje się przeto doskonale dla ogólnego poznania zasad manipulacji biletowych.

Poszczególne linje podzielone są na sekcje mniej więcej 1 km.; za jedną opłatą można przejechać 4 sekcje. Wozy miały dwie klasy, pierwszą i drugą, opłata wynosiła 7 względnie 5 kop.; opłata ulgowa, dzieci, uczniowie, wynosiła 3 kop. Każdy konduktor zaopatrzony był w odpowiednią ilość biletów sześciu rodzajów, a mianowicie 7, 5 i 3 kopiejkowych dla jazdy tam i z powrotem; bilety są wszystkie numerowane. Wzór biletu widzimy na rys. 240-tym.

Numera na brzegach biletów odpowiadają sekcjom. W chwili objęcia wozu wpisuje konduktor numera pierwszych biletów każdej kategorii dla jazdy „tam“ w swą cedułę, rys. 241-szy.

Wydając każdy bilet kreśli go konduktor ołówkiem na tej sekcji, na jakiej był wydany; jeżeli n. p. bilet był wydany na sekcji trzeciej, to można nim dojechać do sekcji siódmej. Dojechawszy do stacji krań-

cowej przekreśla konduktor wierzchnie bilety każdej paczki na krzyż ołówkiem i wpisuje ich numery w odpowiednie rubryki ceduły; różnica tych numerów z początkowymi daje ilość sprzedanych biletów. Dla jazdy powrotnej postępuje konduktor znowu tak samo, posługując się tylko biletami powrotnymi, wpisuje więc ich numer a znowu w cedułę i t. d. Manipulację tę powtarza dla każdego kursu, po skończeniu zaś służby zdaje inkasentowi pieniądze wraz z cedułą.

Nadużycia mogą głównie polegać na: 1) przewiezieniu pasażera bez biletu; 2) przewiezieniu poza kurs; 3) na fałszywym nakreśleniu biletu, aby służył na dłuższy przejazd; 4) na sprzedaniu już raz użytego biletu.

Pierwsze dwa nadużycia wykrywa kontroler bardzo łatwo prostym sprawdzeniem biletów i ich kreślenia. Nadużycie trzecie wymaga już od



Rys. 240.

kontrolera większej wprawy; wykryć je może jużto zauważywszy, gdzie wsiadł pasażer, jużto porównywując numer a biletów. Jeżeli n. p. okaże się, iż bilet o niższym numerze kreślony jest na sekcji czwartej, a bilet o wyższym numerze na trzeciej, to jawnem jest nadużycie. Najtrudniejszy wreszcie do wykrycia jest zużyty bilet; służy do tego również porównanie numeru i kreślenia numerów początkowych, obserwacja gdzie wsiadł dany pasażer i t. p.

System drugi, t. z. korespondencyjny, jest od pierwszego znacznie bardziej złożony i wymaga tak od konduktorów, jak i kontrolerów większej wprawy i pracy. System ten polega na tem, iż raz nabyty bilet daje prawo do jedno-lub kilkorazowego przesiadania się z jednej linii na drugą. Dając publiczności większą wygodę, przyczynia się nieraz do dość znacznego wzmożenia ruchu i jest wskazany na sieciach rozgałęzionych o licznych przecinających się liniach; przy systemie linii koncentrycznych (str. 243) jest on prawie że niezbędny. Natomiast niema

Podpis wydającego cedule		Stempel stacji		Linia № .....		Kierunek .....		Kierownik .....		Kondaktor № .....		(nazwisko) .....	
Wagon № .....		Zmiana .....		Dodatek .....		Motorowcy № .....		(nazwisko) .....					
Bilety cede	№ № biletów zapasowych	№ № pierwszych biletów każdej paczki przy rozporządzeniu służby	№ №	№ №	№ №	№ №	№ №	№ №	№ №	№ №	№ №	№ №	№ №
Sprzedano biletów szuk		Ogólna ilość sprzedanych biletów		Wydano biletów		Należność za sprzedane bilety		<b>OPRACZUNEK</b> Wznesione do kasj. pl. .... Gotówka Rp. .... kop. .... Marek 5 kop. .... sztuk * 3 * * * * * 7 * * * * Kondaktor № ..... Upodni. Oweczunek sprawdzono Interact.					
Monty kontrol biletów		№ №		№ №		№ №						№ №	

Rys. 241.

ten system racji bytu przy sieciach mało rozgałęzionych, chociażby poszczególne ich linje były długie.

System korespondencyjny umożliwia liczne nadużycia ze strony podróżnych, którym zapobiec niezawsze jest łatwo. Głównymi takimi nadużyciami są:

1) Użycie biletu dla jazdy tam i napowrót tą samą linją;  
2) Dojechanie do celu podróży nie najkrótszą drogą, lecz jakąś inną, okólną;

3) Nie korzystanie w miejscu przesiadania z najbliższego wagonu, lecz załatwianie interesów i dalsza jazda dopiero po upływie pewnego czasu.

Dla zapobieżenia tym nadużyciom muszą przedewszystkiem być określone miejsca, w których wolno przesiadać się, czas zaś ważności biletu ograniczony; dalej na bilecie musi być oznaczony kierunek jazdy oraz możliwie i marszruta, czyli najkrótsza droga prowadząca do celu podróży.

Przesiadanie dozwolone jest tylko na miejscach skrzyżowania linji. Czas ważności biletu ograniczony jest rozległością sieci i musi być wystarczający do odbycia najdłuższego przejazdu z odpowiednim dodatkiem na oczekiwanie w miejscu przesiadania oraz nieprzewidziane przeszkody (n. p. przepełnienie pierwszego wagonu, do którego ma się podróżny przesiąść). Zwykle bywa on jednostajny dla całej sieci i wynosi od 20 minut do godziny; oczywiście, iż należy się starać czas ten możliwie skrócić.

Wydając bilet może konduktor oznaczać na nim albo godzinę rozpoczęcia kursu, albo godzinę wydania biletu, albo wreszcie godzinę, o której pasażer dojedzie do miejsca przesiadania. Pierwszy sposób oznaczania, jako nie przedstawiający większych dogodności, mało bywa stosowany, natomiast dwa drugie sposoby mają swe zalety i wady. Tak n. p. jest drugi sposób zrozumialszy dla podróżnego, który łatwo może skontrolować godzinę, jaką konduktor na bilecie oznacza; sposób trzeci ułatwia znacznie kontrolę konduktorowi wagonu, do którego przesiada się podróżny, gdyż widząc na bilecie czas dojechania do miejsca przesiadania, łatwo może spostrzec czy podróżny wsiada do pierwszego wagonu czy też nie. Pozatem ma ten sposób i tę wielką dogodność, iż pozwala na znaczne skrócenie czasu ważności biletu.

Co do czasu ważności biletu, to można wymagać albo żeby cała podróż była ukończona przed upływem tego czasu, albo też, aby ostatnie przesiadanie nastąpiło przed upływem tego czasu. Drugi sposób zdaje się być bardziej racjonalny i wskazany, gdyż w razie zastosowania pierwszego trudnoby było przecie wysadzać podróżnego z wagonu przed dojechaniem do celu dlatego, iż przekroczył ważność swego biletu n. p. o 5 minut!

M.K.E.   09644   M.K.E.	
Lwów   Lwów	
1	Dworzec—Politechnika I
2	Politechnika—Waty Hetmańskie II
3	Waty Hetm.—kościół św. Antoniego III
4	Kościół św. Anny—Lyczaków IV
5	Dworzec—kościół św. Anny V
6	Kościół św. Anny—Waty Hetm. VI
7	Teatr Miejski—ul. Wagilewicza VII
8	ul. Wagil.—kościół s. Piotra i Pawła VIII
9	Teatr Miejski—ul. Pełczyńska IX
10	ul. Pełczyńska—Łaznia Woda X
Bilet jest ważny tylko dla oznaczonej jazdy i nie może być przekazany innym osobom.	
15 zł	
Uwaga! Ofiarę otrzymać po dojeździe do kasy kontrolnej zażądać.	
3 Sekcje	
11	Waty Hetm.—ul. Zamarstynow. XI
12	ul. Zamarstynowska—Rzeźnia M. XII
13	Kościół św. Anny—Rogt. Jazowska XIII
14	Ul. Zamarst.—Rogt. Zamarstyn. XIV
15	Kościół M. Magdaleny—ul. 29. Listop. XV
16	Szkola św. Zofii—Plac Powyst. XVI

Rys. 242. Bilet tramwajów lwowskich.

Jak widzimy bilet musi mieć na sobie sporo różnych danych i napisów, konduktorzy zaś winni każdorazowo czynić na nim cały szereg oznaczeń; ze zaś bilet nie może być ze względów praktycznych zbyt wielki, konduktorzy zaś nie są w stanie robić licznych adnotacji, przeto musi być forma biletu bardzo starannie obmyślana i do miejscowych warunków dostosowana.

Szczegółowe opisywanie różnych możliwych kombinacji za daleko by nas zaprowadziło, przestaniemy więc na opisanie dwu zasadniczych systemów podobnych biletów.

Na brzegach biletu tramwajów lwowskich, rys. 242-gi, oznaczone są od góry do dołu numerami dzielnice, na jakie podzielone są linje, na lewym brzegu cyframi arabskimi dla jazdy w kierunku od Dworca do Placu Powystawowego, na

65958	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Unb:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	Unb:	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
	Miejska kolej elektryczna we Lwowie.															
	Kupon do przesiadania															
	wzrost 170 cm, odzież i bielizna przez jądrowo wystawione															
	XII   XI   X   IX   VIII   VII   VI															
	31   30   29   28   27   26   25   24   23   22   21   20															
	XVII   XVI   XV   XIV   XIII   XII   XI   X   IX   VIII   VII   VI   V   IV   III   II   I															

Rys. 243. Kupon do przesiadania.

prawym rzymskimi dla jazdy w odwrotnym kierunku. Po środku wypisane są punkta krańcowe tych dzielnic, cena biletu oraz ilość sekcji, na jaką bilet jest ważny, w danym wypadku n. p. 3. Bilet taki sam prawa do przesiadania nie daje, a służy tylko do komunikacji bezpośredniej. W razie potrzeby przesiadania otrzymuje podróżny specjalny kupon do przesiadania, rys. 243-ci.

Na kuponie tym oznaczone są dni miesiąca od 1 do 31, zaczynając od górnego lewego rogu na górnym brzegu, potem w dół na brzegu prawym i na dolnym brzegu od prawej do lewej. Nad datami u góry od lewej ku prawej oznaczone są cyframi arabskimi numerami dzielnic, u dołu zaś pod datami na dolnym brzegu takie same dzielnice od prawej ku lewej cyframi rzymskimi dla przeciwnego kierunku jazdy. W środku kuponu oznaczone są cyframi rzymskimi godziny dnia od VI rano do XII w nocy. Kupon ważny jest przez godzinę od chwili wydania. Oznaczenia robi konduktor wydający bilet, dziurkując dzielnice, w której podróżny wsiadł, n. p. na rys. 242-im i 243-im X jadąc od Placu Powystawowego do Dworca, a na kuponie datę dnia i godzinę wydania. Konduktor drugiego wagonu unieważnia bilet, dziurkując go w przeznaczonym na to miejscu.

Bilet tramwajów wiedeńskich, rys. 244-ty, służy zależnie od oznaczenia tak do jazdy bez przesiadania, jak i z przesiadaniem. U góry



Rys. 244.  
Bilet tramwajów wiedeńskich.

biletu widzimy oznaczone dzielnice, na lewo od 7 do 1 i prawo od 1 do 7, względnie VI do I i I do VI. Cyfry arabskie oznaczają linje radialne, rzymskie obwodowe. Od góry do dołu biletu z lewej i prawej strony oznaczone są dni tygodnia i w każdym z nich godziny dnia od 7 rano do 12 w nocy, po środku zaś biletu wypisane są nazwy poszczególnych linii, podzielone na sekcje, oznaczone numerami 2, 3, 4.

Jeżeli bilet ma służyć do komunikacji bezpośredniej, bez przesiadania, to konduktor dziurkuje go u góry, nad napisem, oznaczającym cenę na odpowiedniej dzielnicy na lewo lub prawo, w zależności od tego czy podróżny jedzie od dzielnicy 7 ku 1, czy naodwrot.

Wydając bilet dla przesiadania, dziurkuje go konduktor dwa razy, a mianowicie raz na godzinie i dniu wydania na lewo lub prawo w zależności od kierunku jazdy i drugi na odpowiedniej sekcji danej linii; drugi konduktor dziurkuje bilet również dwa razy, a mianowicie na celu podróży i nad ceną, czem unieważnia go. Bilet jest ważny przez godzinę od wydania.

Jeżeli bilet ma być ważny tylko  $\frac{1}{2}$  godziny, to oczywiście musi czas na nim być oznaczony co  $\frac{1}{2}$  godziny. Spotyka się też bilety z dokładniejszym oznaczeniem czasu, n. p. co 5 minut, zdaje się, że jest to jednak niepraktyczne.

Pozatem nadmienić jeszcze należy o biletach, na których nadrukowany jest cały szemat linii; konduktor dziurkuje taki bilet na odpowiednich punktach przesiadania.

**7. Statystyka.** Nader ważną i niezbędną rzeczą jest wszechstronna, umiejętnie, sumiennie i dokładnie prowadzona statystyka, gdyż tylko jej wyniki pozwalają orjentować się w całokształcie eksploatacji, dochodowości poszczególnych linii, racjonalności rozkładu jazdy, trwałości materiałów, wielkości wydatków i t. d.

Książki ekspedycyjne (a w braku ich ceduły konduktorów) wskazują liczbę kursów każdego wozu; ta liczba kursów pomnożona przez długość danej linii daje ilość wagono-kilometrów użytkowych; doliczwszy do tego podwójną długość dojazdu do remizy otrzymuje się rzeczywistą ilość kilometrów, jaką przebył dany wóz. Ilość ta powinna codziennie być wpisana w specjalną książkę, w której każdy wóz ma swą oddzielną kartkę tak, aby było w każdej chwili wiadomo, wiele ten wóz przebył kilometrów. Ilość ta stanowi następnie podstawę do obliczenia trwałości poszczególnych części wozu, klocków hamulcowych, obręczy, ślizgaczy, panewek, kół zębatach i t. d.

Suma użytecznych wagono-kilometrów wszystkich wozów, kursujących na jednej linii, daje ilość wagono-kilometrów, przebytych na tej linii. Suma pieniędzy zainkasowana na tej linii przez konduktorów, po-

dzielona przez ilość wagono-kilometrów wskazuje dochód danej linii na wagono-kilometr, podzielona zaś przez ilość wozów, na wóz i dzień. Obie te liczby winny być również codziennie wpisane w specjalną książeczkę dla każdej linii; z książki tej wylicza się znowu średnie miesięczne, roczne i t. p. Ogólna suma inkasa na wszystkich liniach podzielona przez ogólną ilość wagono-kilometrów daje ogólny dochód na wagono-kilometr, wozo-dzień i t. d.

Dla wyliczenia zużycia energii na wagono-kilometr używa się zwykle t. zw. wagono-kilometru rachunkowego. Ilość tę rachunkowych wagono-kilometrów otrzymuje się, jako sumę rzeczywistych wagono-kilometrów wozów motorowych plus ilość rzeczywistych wagono-kilometrów wozów doczepnych, pomnożoną przez pewien współczynnik, który określa się przez ustalenie przy pomocy prób stosunku zużycia pracy na wagono-kilometr motorowy i doczepny. Zwykle wynosi on około 0,5. Redukcja taka jest niezbędna, gdyż cyfry zużycia na wagono-kilometr rzeczywisty nie dałyby się ze sobą porównywać, skutkiem zmienności z dnia na dzień ilości wagono-kilometrów motorowych i doczepnych.

Podobna redukcja staje się też konieczna, jeżeli kursuje kilka rodzajów wozów motorowych, znacznie od siebie się różniących, n. p. wozy dwu- i cztero-osiove i to w zmiennej ilości.

Wszelkie poważniejsze wypadki winny też być wpisywane w specjalną księgę, z czego wyprowadza się następnie również średnie miesięczne, roczne i t. d.

Rys. 245-ty i 246-ty uwidaczniają kilka odnośnych formularzy i blankietów.

Często ani dochody na kilometr, ani dochody na wagono-dzień nie pozwalają na wyciągnięcie zupełnie pewnych wniosków co do racjonalności kierunku obranego dla pewnej linii, ani co do jej ewent. przeładowania. Oczywiście jest, iż n. p. linja uczęszczana równomiernie na całej swej długości, może, przy średnim napełnieniu pociągów, dać dochody na wagono-kilometr lub wagono-dzień większe, niż inna, przepełniona na pewnej części swego przebiegu, a mało uczęszczana na pozostałej. Poza bezpośrednią obserwacją ruchu znakomite usługi oddaje tu t. z. kontrola miejsc.

W chwili przejazdu przez pewne, z góry określone punkta, zapisuje konduktor w specjalnej cedule, rys. 247-my, ilość osób znajdujących się w danej chwili w wagonie.

Zestawienie wszystkich odnotowań w danym punkcie daje średnie napełnienie w tym punkcie. Jeżeli potrzebna jest znaczniejsza ilość takich punktów obserwacyjnych tak, iż zachodzi obawa, iż konduktorzy nie mogliby dokładnie zrobić zapisów, to można dla każdego wozu odnotowywać ilość podróży tylko co drugi punkt, przyczem natural-



Raport dzienny Nr. .... z dnia

T R A K C J A									
№ linii	Ilość osób przewiezionych						Ilość wagonów		
	za markami po kop.			za biletami po kop.			Razem	moto- wych	przycze- pnych
	3	5	7	3	5	7			
0									
1									
2									
3									
4									
5									
7									
8									
9									
10									
12									
14									
15									
16									
17									
18									
21									
22									
Razem w r. bież.									
w r. zeszl.									

Rys. 245.

E L E K T R Y C Z N A

Ilość kursów wagonów		Ilość wagonokilometrów			D O C H Ó D				№ linii
motorowych	przyczepnych	motorowych	przyczepnych	RAZEM	Rub.	k.	Na wag.-kil.	Na wag.-kil. rachun.	
									0
									1
									2
									3
									4
									5
									7
									8
									9
									10
									12
									14
									15
									16
									17
									18
									21
									22

Rys. 245a.

<b>Z U Ż Y C I E P R Ą D U</b>								
				w roku bieżącym		w roku zeszłym		
				KWG ogółem	Na wag.-kil. rachun.	KWG ogółem	Na wag.-kil. rachun.	
Elektr. oddała do sieci przez dobę . . . . .								
Zużyto na linii brutto . . . . .								
Zużyto na linii netto . . . . .								
Ogrzewanie nieczynne								
<b>W A Ż N I E J S Z E W Y P A D K I</b>								
z ludźmi								
z wehikulami								
z wagonami								
Stan służby ruchu				Notowania stacji meteorologicznej				
Stacja	konduktorów	motor-nicznych	stan-gretów		godz. 7 rano	godz. 10 rano	godz. 3 po poł.	godz 9 wiecz.
Muranów . .				Stan szyn .				
Mokotów . .				Wiatr . . .				
Wola . . .				Pogoda . .				
Razem .				„ w r. z.				
w powyż. liczb. zastęp.				Wilgotność .				
				Barometr .	m/m	m/m	m/m	m/m
				Termometr .	°R	°R	°R	°R
				„ w r. z.	°R	°R	°R	°R
<b>UWAGI</b>								

Rys. 245b.

<b>Dochód trakcji elektrycznej</b>									
	z roku bieżącego				z roku zeszłego				
	Rub.		kop.		Rub.		kop.		
z dnia bieżącego . . . . .									
od 1-ego bieżącego miesiąca . . .									
RAZEM . .									
z poprzednich miesięcy . . . . .									
od początku roku RAZEM . .									
<b>Dochód ogólny</b>									
z dnia bieżącego . . . . .									
od 1-ego bieżącego miesiąca . . .									
RAZEM . .									
z poprzednich miesięcy . . . . .									
od początku roku RAZEM . .									
<b>PRZEJECHANE WAGONO-KILOMETRY</b>									
z dnia bieżącego . . . . .									
od 1-ego bieżącego miesiąca . . . . .									
RAZEM . .									
z poprzednich miesięcy . . . . .									
od początku roku RAZEM . .									
w roku zeszłym . . . . .									
<b>Wagony w ruchu</b>									
	Muranów		Mokotów		W o ł a		R a z e m		
	motor.	przyczep.	motor.	przyczep.	motor.	przyczep.	motor.	przyczep.	
całodzienne . .									
dodatkowe . .									
RAZEM .									

Rys. 245c.

Miesiąc.....

Nr. bieżący	Data	OPIS WYPADKU	Sposób załatwienia	Nr. linji	Nr. wagonu	Motorniczy		
						Nr	winien	nie winien

Rys. 246.

Koszt naprawy uszkodzenia		Wypłacono odszkodowania				Pogotowie	ILOŚĆ WYPADKÓW															
		poszkodowa- wanemu		nam			bez następstw	Z ludźmi przy wyskakiwaniu			Z ludźmi wsku- tek najechania			Z wehi- kulami		Z wago- nami		Różnych				
Rb.	kp.	Rb.	kp.	Rb.	kp.		lekkih	ciężkich	śmierteln.	lekkih	ciężkich	śmierteln.	dorożkami	wozami	z uszko- dzeniem	bez uszko- dzenia	spowodo- wanych ruchem	niespowo- dowanych ruchem				

Rys. 246a.



nie wóz następny odnotowuje w punktach przez pierwszy opuszczonych i t. d. Rezultaty zestawia się w odpowiednich szematach, rys. 248-my.

Zamiast liczenia osób w wagonie, można też odnotowywać ilość osób wsiadających i wysiadających na pewnych przystankach.

Kontrolę taką robi się zwykle nie stale, ale tylko okresowo, n. p. dwa razy do roku, każdorazowo w przeciągu tygodnia, oraz sporadycznie, w razie większych zmian. Jeżeli z zestawień widoczne jest, iż dana linja jest n. p. przepelniona od początku do punktu *A*, a dalej nie, to nie należy wzmacniać ruchu na całej linji, a tylko do tego punktu *A* i t. d.

## ROZDZIAŁ XXI.

### S i e ć.

**1. Trwałość sieci, roboty bieżące, ilość pracowników.** Niezależnie od usuwania i poprawiania ewent. uszkodzeń, wymaga sieć starannej stałej obsługi i całego szeregu okresowo powtarzających się robót, jako to: rewizji, regulowania, smarowania, malowania, sprawdzania izolacji itp.

Odstępy czasu, w jakich w różnych eksploatacjach uskuteczniane bywają te roboty, są nader różne, i to często bez widocznych ku temu powodów.

Tak n. p. podczas kiedy niektóre eksploatacje uważają miesięczną rewizję za konieczną, inne są zdania, iż w zupełności wystarcza rewizja trzymiesięczna, inne wreszcie uważają specjalną rewizję za zupełnie zbyteczną, twierdząc, iż sprawdzanie sieci przy jesiennem i wiosennem jej regulowaniu zupełnie wystarcza dla utrzymania jej w porządku. Sprawdzanie izolacji wykonywują jedni codziennie, inni raz na miesiąc, inni jeszcze rzadziej i t. d.

Nadzwyczaj różna i nieraz z częstością rewizji w żadnym, przynajmniej pozornie, związku nie stojąca bywa i trwałość poszczególnych części sieci, a głównie drutu roboczego. Na trwałość drutu roboczego wpływa nie tylko jego utrzymanie, ale i staranność pierwotnego montażu, a również, i to nie mało, warunki atmosferyczne. Tak n. p. fatalnie wpływa na drut roboczy obecność w powietrzu drobnutkiego piasku (jak n. p. na wybrzeżach morskich), dalej wogóle pył, kurz, dym, sadza (w razie n. p. bliskości linji kolei parowej), gryzące wyziewy fabryk chemicznych i t. p.

Wielki wpływ wywiera stan torów; rozregulowane lub źle ułożone tory powodują wahania się elektrowozu, które przenoszą się na zbieracz prądu i powodują szybsze ścieranie się drutu. Również nie bez wpływu jest i dobre odsprężynowanie i spokojny bieg wozów.



W ostatnich czasach, kiedy zaczęto budować sieci zawieszono wyżej, 6500 mm. zamiast dawniej powszechnych 5500 mm., zauważono też, iż większa ta wysokość zawieszenia zdaje się korzystnie wpływać na trwałość drutu roboczego. Odnośne spostrzeżenia są jednak na razie jeszcze zbyt mało liczne, aby to można było z całą stanowczością twierdzić. Zdaje się tu grać rolę większa długość, a zatem i sprężystość pałaka, względnie drążka, podtrzymującego krążek.

Drut roboczy ściera się nie tylko skutkiem mechanicznego tarcia ślizgacza, względnie krążka, ale także i pod wpływem przechodzenia prądu elektrycznego z drutu na zbieracz prądu i nieuniknionego przytem choćby małego iskrzenia. Łatwo o tem przekonać się można na torach podwójnych, leżących na pochyłościach; drut, zawieszony nad torem, po którym pociągi idą pod górę, jest zawsze znacznie więcej starty, jak drut na torze drugim, po którym pociągi zjeżdżają bez prądu. Z tego powodu drut za każdym przystankiem, gdzie pociągi ruszają, jest zawsze więcej starty, niż przed przystankiem, do którego dojeżdżają bez prądu.

Większa maksymalna prędkość, powodując silniejsze wahania, wzmagając iskrzenie i temsamem powoduje i większe ścieranie się drutu.

Pozatem sam przepływ prądu przez drut zdaje się wywierać z biegiem czasu pewien, na razie bliżej nie wyjaśniony, wpływ na wewnętrzną strukturę materiału, który staje się mniej wytrzymały. Niezależnie od prawdziwości lub nie tego spostrzeżenia, wpływa na starcie i sam czas tak, iż starcie odpowiadające n. p. 100 tysiącom przejazdów będzie przy jednakowych warunkach tem mniejsze, im gęstszy jest ruch, i większe, im ruch jest rzadszy, (a zatem im więcej czasu upłynie, zanim nastąpi owe 100 tysięcy przejazdów).

Starcie przeto drutu roboczego, nawet w odniesieniu do ilości przejazdów, nie może nigdy być równomierne na całej sieci, lecz będzie z konieczności w jednych miejscach większe, w innych mniejsze.

Starcie bywa także tem większe, im mniej elastycznie zawieszona jest sieć; skutkiem tego starcie bywa prawie zawsze większe w punktach zawieszenia, niż pomiędzy niemi.

Oprócz tego zdarzają się często kawałki, czasami ledwie 150—300 mm. długie, drutu roboczego o zupełnie anormalnem starciu. Powierzchnia drutu bywa w takich miejscach pokryta bardzo płytkimi, o prawie że niewymierzalnej wysokości falami poprzecznymi o długości 20—50 mm.; fale te są bardzo podobne do fal powstających na szynach. Racjonalnie tego starcia dotychczas wytłumaczyć się nie udało, niemniej trzeba się z niem liczyć.

Żadne normy nie dadzą się postawić co do tego, kiedy drut roboczy winien być zmieniony, t. j. do jakiego starcia można dopuszczać. Oprócz względów na wytrzymałość mechaniczną grają tu rolę i względy

# STARCIE PRUTU ROBOCZEGO. PRZEKROJE.

KRAK. PRZEDM. 4<sup>2</sup>4, BRISTOL

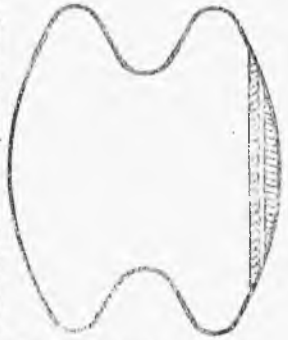
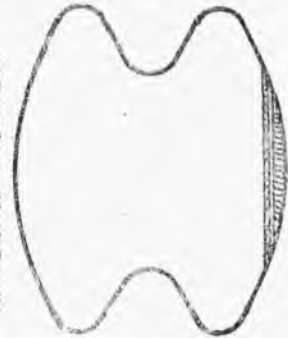
Starcie w mm <sup>2</sup> ogólnie	Starcie na 100000 przegazd.	Masa przegazd.
1,50	0,402	323000
2,26	0,335	076000
3,50	0,309	1133150

Starcie w mm <sup>2</sup> ogólnie	Starcie na 100000 przegazd.	Masa przegazd.
0,89	0,287	275000
1,30	0,253	375000
2,12	0,230	872290

Starcie w mm <sup>2</sup> ogólnie	Starcie na 100000 przegazd.	Masa przegazd.
2,00	0,519	31000
2,25	0,483	30000
4,23	0,553	701350

MRESZELKONSKA 122

PL. MORTOWA 5 KI (MIEURIE 1000)



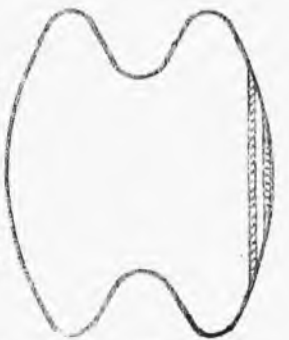
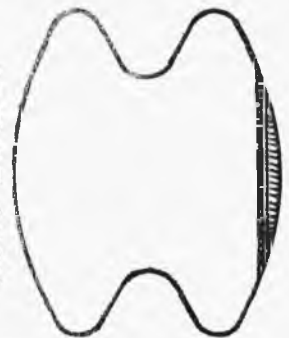
NOWY ŚWIĄT 34

Starcie w mm <sup>2</sup> ogólnie	Starcie na 100000 przegazd.	Masa przegazd.
0,89	0,413	167000
1,30	0,370	351200
1,8	0,293	613400

Starcie w mm <sup>2</sup> ogólnie	Starcie na 100000 przegazd.	Masa przegazd.
1,40	0,892	157050
2,22	0,651	341300
2,80	0,483	580410

NOWY ZJAZD I

GRANICZNA II



Starcie w mm <sup>2</sup> ogólnie	Starcie na 100000 przegazd.	Masa przegazd.
0,99	0,370	171000
2,22	0,619	37000
2,80	0,669	588980

BIELANSKA 3

Starcie w mm <sup>2</sup> ogólnie	Starcie na 100000 przegazd.	Masa przegazd.
0,87	0,249	150200
2,23	0,687	524400
3,73	0,682	647620

Starcie w mm <sup>2</sup> ogólnie	Starcie na 100000 przegazd.	Masa przegazd.
0,89	1,618	55000
3,99	2,510	159000
6,57	2,122	309870

MURANOWSKA 28<sup>30</sup>



Starcie w mm <sup>2</sup> ogólnie	Starcie na 100000 przegazd.	Masa przegazd.
0,89	2,300	30000
1,10	1,740	63150
2,12	1,810	116900

- do d. 1 kwietnia 1909 r.
- " " 1 stycznia 1910 r.
- " " 1 stycznia 1911 r.

Oznaczenie wyników pomiarów starcia

na straty elektryczne, zwiększone skutkiem zmniejszenia przekroju. Zwykle jednak przyjmuje się, iż ze względów mechanicznych dopuszczalne jest starcie o  $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{3}$  przekroju, że zatem drut roboczy o pierwotnym przekroju n. p. 65 mm.<sup>2</sup> powinien być zmieniony, kiedy przekrój jego zmniejszy się do 50—45 mm.<sup>2</sup>. Zaznaczyć należy, iż starcie zmniejsza się zwykle z biegiem czasu, a to skutkiem zwiększonej w miarę starcia powierzchni zetknięcia ze ślizgaczem, względnie krażkiem. Konieczność zmiany drutu roboczego powoduje zresztą przeważnie bynajmniej nie ogólne zmniejszenie jego przekroju, ale nadmierne zwiększenie się miejsc bardziej od innych startych.

Miejsca ścierające się mocniej można przy systemie pałkowym zabezpieczać drutami dodatkowymi, jak to już było opisane w tomie I-szym str. 204-ta, rys. 160-ty.

Specjalne klamerki utrzymują drut dodatkowy odpowiedniej długości o parę milimetrów niżej od drutu roboczego, tak, iż ślizgacz przesuwa się po drucie dodatkowym, nie ścierając dalej głównego.

Można również wycinać zniszczone kawałki drutu i zastępować je nowymi, skoro jednak ilość tak czy inaczej reperowanych i zabezpieczanych miejsc stanie się znaczna, to czyni to całą sieć zbyt ciężką i lepiej już jest wymienić znaczniejszą długość drutu. Dobre, mniej starte kawałki dają się zawsze użyć, chociażby jako druty dodatkowe.

Trwałość drutu roboczego jest bardzo zmienna, ściślejsze normy nie dadzą się przeto i tu postawić. Z odpowiedzi nadesłanych na Zjazd Międzynarodowego Związku Kolejek Dojazdowych i Tramwajów, który się odbył w roku 1904 w Wiedniu, wynika, iż zmiana drutu roboczego 52 mm.<sup>2</sup> staje się konieczna średnio po 500,000—1,500,000 przejazdach; jeżeli drut przytem starł się o  $\frac{1}{8}$  swego przekroju, t. j. o 17 mm.<sup>2</sup>, to odpowiada to starciu 1,13—3,4 mm.<sup>2</sup> na 100,000 przejazdów. Tramwaje berlińskie zmieniały drut o przekroju 52 mm.<sup>2</sup> po 1,250,000 przejazdach, profilowy zaś 80 mm.<sup>2</sup> po 2,500,000 przejazdach (starcie 1,04 mm.<sup>2</sup> na 100,000 przejazdów).

W Brukseli drut o przekroju 52 mm.<sup>2</sup> na liniach o ruchu 2 minutowym musi być zmieniony na linii pod górę co 4 lata, na linii z góry co 7 lat.

W Warszawie wynosi średnie starcie tylko 0,4 — 0,5 mm.<sup>2</sup> na 100,000 przejazdów, jest więc anormalnie małe, pomimo dużej trwałości ślizgaczy. Rys. 249-ty pokazuje starcia w kilku miejscach sieci Warszawskiej.

O trwałości słupów drewnianych była już mowa w dziale „Sieć”. Co do słupów żelaznych, to niszczyć je może tylko rdza, trwałość ich więc zależna będzie od starannego i częstego malowania; w żadnym jednak razie nie powinny być one być mniejsza, jak 20—25 lat.

O trwałości innych części sieci, drutów poprzecznych i odciągowych, izolatorów, wieszaków, zacisków, klamerek i t. p. niema żadnych dokładniejszych danych. Przeważnie liczy się 10—15 lat.

Jak to jest z powyżej przytoczonych danych widoczne, odznacza się sieć warszawska prawie że anormalnie małym starciem. Wskazuje to nie tylko na dobór dobrych materiałów, ale również i na celowość robót konserwacyjnych, przedsięwziętych w czasie eksploatacji. Wobec chwiejności terminów, w jakich takie roboty bywają dokonywane w różnych eksploatacjach, najlepiej może więc będzie użyć jako wskazówki terminów stosowanych właśnie w Warszawie.

Roboty dokonywane w Warszawie są następujące:

1) Raz na miesiąc ogólna rewizja całej sieci górnej. Rewizja ta polega na dokładnym sprawdzeniu każdego wieszaka, zacisku, doprężnika, izolatora i t. p. oraz na mierzeniu przy pomocy mikrometru drutu roboczego w pewnych, raz na zawsze ustalonych punktach obserwacyjnych, oraz miejscach, któreby okazywały anormalne starcie. Wyniki tych pomiarów i rewizji wnosi się w specjalne rejestra, a z nich w plany sieci, które w ten sposób dają dokładny obraz stanu drutu roboczego.

2) Dwa razy do roku, w jesieni i na wiosnę, odbywa się odpuszczanie i naprężanie drutu roboczego, dostosowując jego naprężenie do naprężenia podanego dla chwilowej temperatury w tablicy naprężenia na zimę, względnie lato.

Uskutecznia się to w ten sposób, iż po rozluźnieniu zacisków wkręca się, względnie wykręca śruby doprężników, przez co się drut nieco skraca, względnie wydłuża; naprężenie w drucie sprawdza się dynamometrem.

3) Raz do roku sprawdza się położenie drutu roboczego względem osi torów i wysokość punktów zawieszenia, objeżdżając całą sieć odpowiednim szablonem, rys. 250-ty.

4) Raz do roku przemalowuje się wszystkie żelazne części sieci, jako to wieszaki, doprężniki i t. p.

5) Niezależnie od smarowania ślizgaczy, smaruje się dwa razy do roku drut roboczy waseliną. Przy wozowniach znajduje się zwykle na drucie nadmiar smaru, który się przytem usuwa.

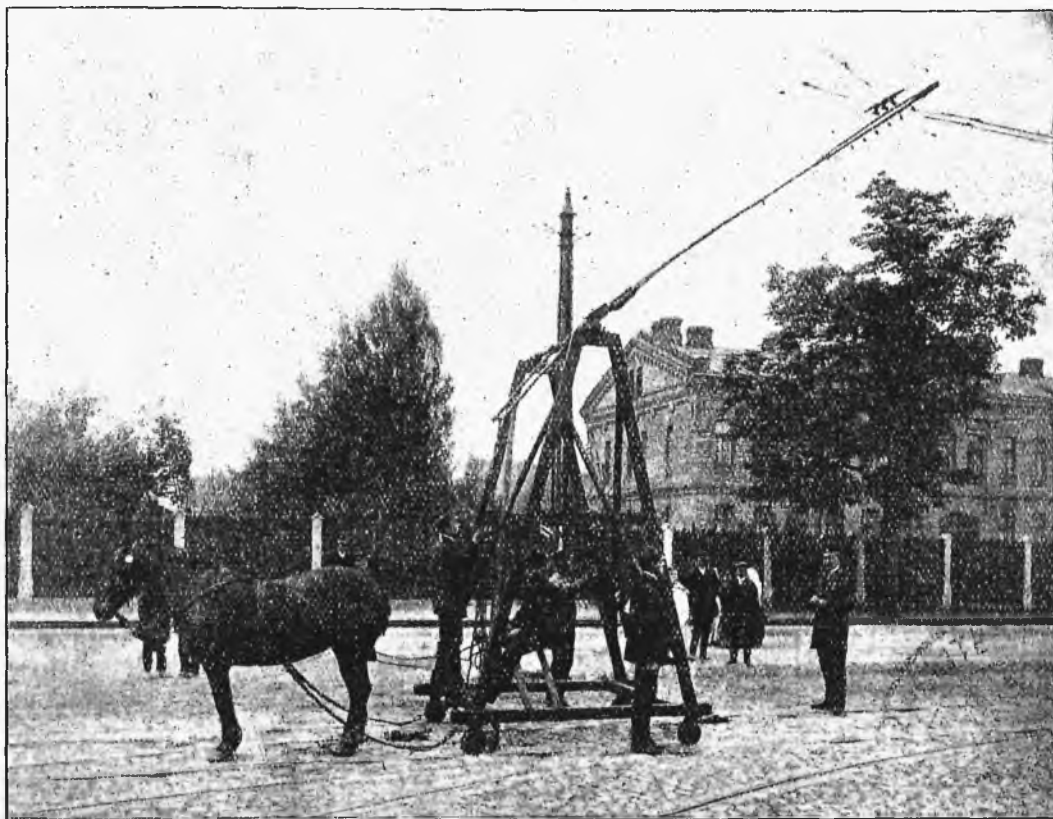
6) Izolację całej sieci, oddzielnie dla każdej dzielnicy, mierzy się codziennie przy pomocy omomierza, umieszczonego na tablicy rozdzielczej w elektrowni.

Raz do roku oddziela się w skrzynkach kablowych od sieci tak przewody zasilające, jak i powrotne i sprawdza ich izolację. Dwa razy do roku sprawdza się izolację każdego wieszaka i izolatora sprzączkowego oddzielnie, wymieniając i reperując te, któreby okazywały wadliwą izolację.

7) Raz do roku sprawdza się złącza szyn.

8) Raz na trzy lata przemalowuje się słupy.

Ilość pracowników, zajętych przy utrzymaniu sieci, bywa również nader różna; podczas kiedy w Warszawie na okrągło 85 km. sieci (licząc km. toru podwójnego 2 km. sieci) pracowało (przed wojną) oprócz starszego monterza 8 ludzi, a zatem jeden pracownik na 10,6 kil., to w Piotrogradzie wypadało na 106 wiorst 43 ludzi, czyli jeden pracownik na 2,47 km.



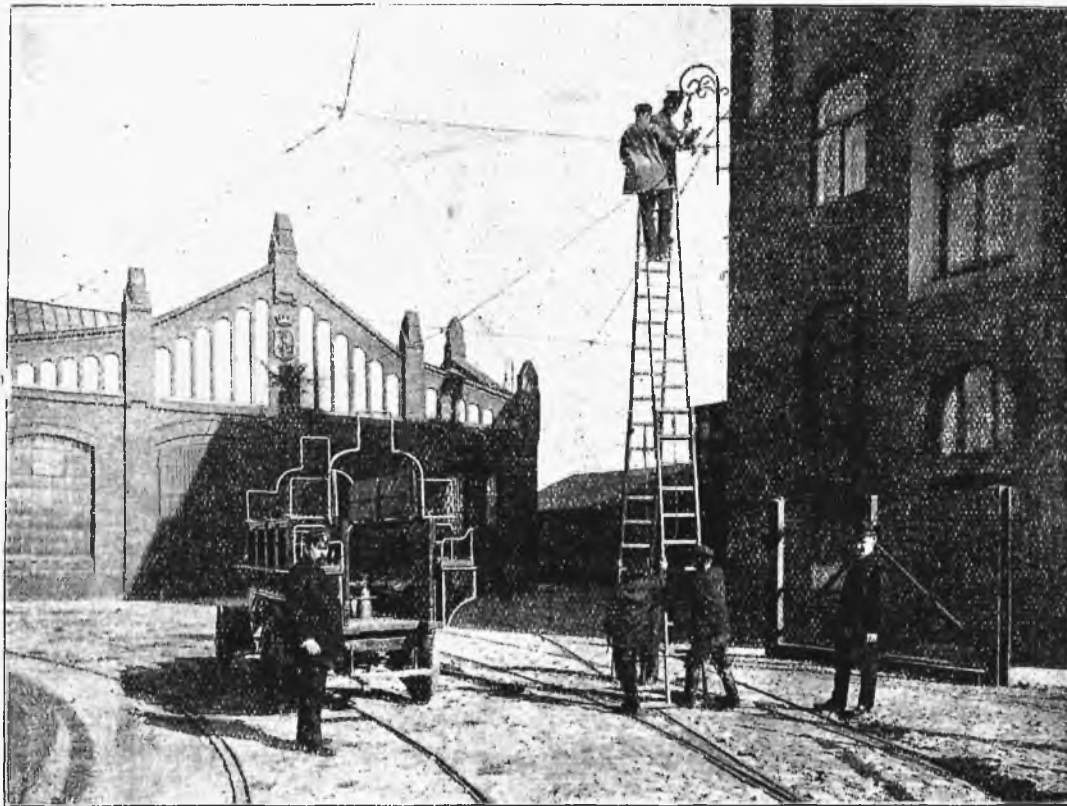
Rys. 250.

**2. Narzędzia, przyrządy.** Dla dokonywania robót przy sieci służą albo przewoźne wysuwane drabiny na kołach, podobne do strażackich, rys. 251-szy, albo też t. n. wozy wieżowe, rys. 252-gi.

Wozy wieżowe są to w zasadzie wieże drewniane, zbudowane na mocnym pomoście, osadzonym na kołach. Nad wieżą znajduje się pomost, który może być podnoszony lub opuszczany przy pomocy mechanizmu windowego, a także obracany na różne strony tak, iż można pracować przy drucie roboczym, nie ustawiając wozu na samych torach. Wozy

lżejszej konstrukcji nie mają pomostu wysuwanego na boki i służą do wykonywania mniejszych robót.

Pracownicy, stojący na pomoście wozu, mogą naogół pracować przy sieci nawet pod prądem bez dalszych środków ostrożności, gdyż drewniana konstrukcja wozu służy tu jako zupełnie wystarczająca izolacja. Wozy bywają przeważnie tak urządzone, iż jeżdżą nie po torach, ale po zwykłych drogach; jest to niezbędne, aby umożliwić

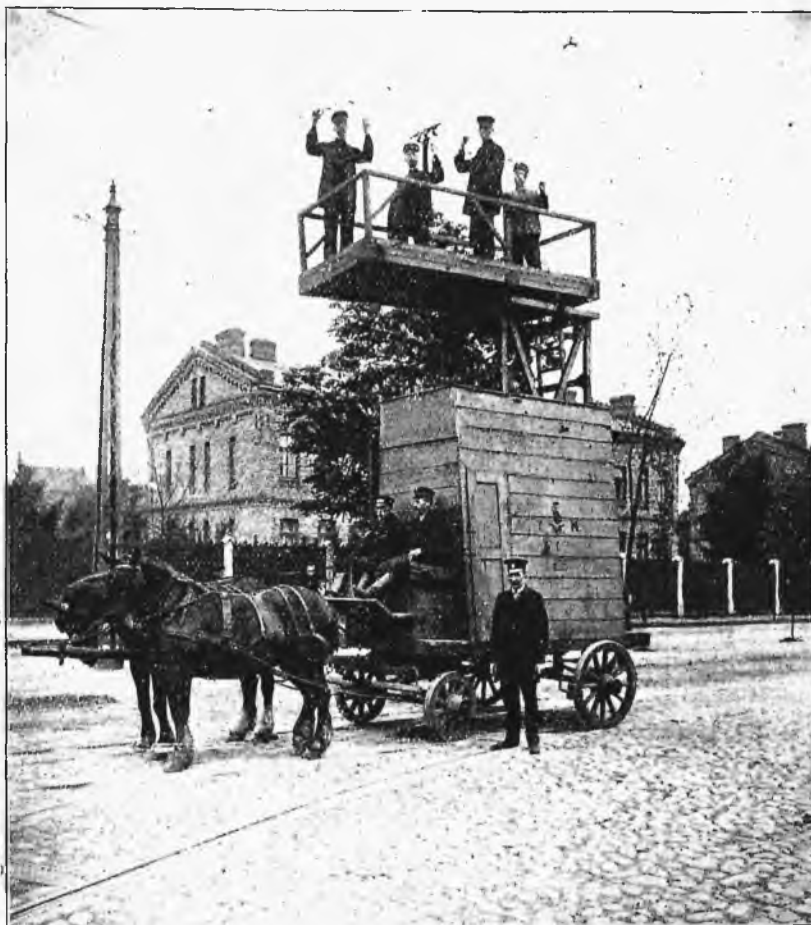


Rys. 251.

dostęp do słupów. Pożyteczne jednak jest zawsze, a przy kolejach o torach ułożonych na własnym torowisku nawet niezbędne, posiadać przynajmniej jeden wóz, któryby chodził po torach. Ułatwia to wykonywanie robót tam, gdzie bruki jeszcze nie zostały ułożone. Poruszane mogą być wozy wieżowe tak siłą motoryczną, jak i końmi. Ważną bardzo rzeczą przy wozach wieżowych jest dobry i silny hamulec, gdyż wypada je zatrzymywać na dany sygnał ściśle w określonym miejscu.

Wnętrze wieży służy jako skład dla zapasowych materiałów oraz narzędzi.

Spis takich narzędzi, zawartych w wozie wieżowym, podajemy poniżej.



Rys. 252.

Wyszczególnienie narzędzi, potrzebnych do wozu wieżowego:

Całówka . . . . .	sztuk	1
Gwintownica . . . . .	"	1
Szczęk do gwintownic $\frac{1}{2}$ , $\frac{3}{4}$ , $\frac{3}{8}$ i $\frac{5}{8}$ . . . . .	"	4
Gwintownice patentowe (komplety) $\frac{1}{2}$ , $\frac{3}{4}$ , $\frac{3}{8}$ i $\frac{5}{8}$ . . . . .	"	8
Grzechotka (komplet) . . . . .	"	1
Imadło ręczne . . . . .	"	1
Kluczy naśrubkowych dwustronnych 12×14 mm. . . . .	"	6

Klucz francuski . . . . .	sztuk	1
Kluczy naśrubkowych dwustronnych 16×18 mm. . . . .	"	6
" " " 22×28 mm. . . . .	"	3
Korba (krąż) . . . . .	"	1
Kręcidło . . . . .	"	1
Lampa lutownicza . . . . .	"	1
Młotków podręcznych 5 funt. . . . .	"	1
" " 1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> " . . . . .	"	2
" zaklepników . . . . .	"	1
" drewnianych . . . . .	"	1
Narzynek płytkowy z 12-ma gwintami . . . . .	"	1
Nóż zwyczajny do kabli . . . . .	"	1
Nożyce ręczne do cięcia drutu . . . . .	"	1
Oliwiarka . . . . .	"	1
Oprawka do piłek kabłąkowych . . . . .	"	1
Wstęg do pił kabłąkowych . . . . .	"	3
Przebijaków 2, 4, 6, 8, 10 i 12 mm. . . . .	"	6
Punktak . . . . .	"	1
Przecinak-ściinak 15" . . . . .	"	1
" " 10" . . . . .	"	1
" -wycinak 9" . . . . .	"	1
Lutowka zwykła 2 funt. . . . .	"	1
Świdrów maszynowych spiral. 4, 6 i 10 mm. . . . .	"	3
" " płaskich do grzechotek 11, 16 i 21 mm. . . . .	"	3
Szczypce płaskie zwykle 10" . . . . .	"	1
" " " 9" . . . . .	"	1
" " przecinaki 8" . . . . .	"	1
" okrągłe . . . . .	"	1
" cewne (rurowe) . . . . .	"	1
Szczotek do kurzu podwójnych . . . . .	"	1
" druczianych do pilników . . . . .	"	2
Trzonków do pilników . . . . .	"	21
Wiertarka ręczna amerykańska . . . . .	"	1
Wkrętaków większych rozmiarów . . . . .	"	2
" mniejszych " . . . . .	"	2
Pilników zdzieraków kwadratowych 16" . . . . .	"	1
" równiaków płaskich 12" . . . . .	"	2
" " półokrągłych 12" . . . . .	"	2
" " kwadratowych 12" . . . . .	"	1
" " okrągłych 6" . . . . .	"	1
" " " 14" . . . . .	"	2



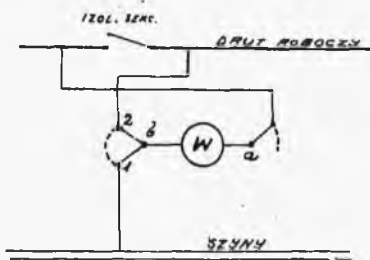
Pilników równiaków trójkątnych 4" . . . . .	sztuk	1
" gładzików płaskich 10" . . . . .	"	1
" " " 12" . . . . .	"	1
" " półokrągłych 10" . . . . .	"	1
" " " 12" . . . . .	"	1
" " trójkątnych 4" . . . . .	"	1
Tarników półokrągłych do drzewa 12" . . . . .	"	1
" " do metali 14" . . . . .	"	1
Bloczków zwyczajnych z linką 10 mm. . . . .	"	1
" " " 8 mm. . . . .	"	1
Bańka cynkowa z hermetycznym zamknięciem . . . . .	"	1
" emaljowana zawierająca 1-ą kwartę . . . . .	"	1
Dynamometr do 1000 kg. . . . .	"	1
Skrętaki . . . . .	"	2
Dłuto płaskie 1" do drzewa . . . . .	"	1
" " $\frac{1}{2}$ " " " . . . . .	"	1
" półokrągłe $\frac{1}{2}$ " do drzewa . . . . .	"	1
" " $\frac{1}{4}$ " " " . . . . .	"	1
Drabinka 2-u metr. pojedyncza . . . . .	"	1
Der z sukna . . . . .	"	2
Haków żelaznych do otwierania skrzynek kablowych . . . . .	"	2
Kubelek żelazny . . . . .	"	1
Klocek grabowy . . . . .	"	1
Kłódka przytrzymująca duża . . . . .	"	1
" " mała . . . . .	"	1
Korb do podnoszenia balkonu . . . . .	"	2
Klucz nasadowy do śrub do balkonu . . . . .	"	1
" do muter, osi, wozów wieżowych . . . . .	"	1
" naśrubkowy 32×36 mm. . . . .	"	1
Kubełeczków do farb . . . . .	"	4
Linka 8 mtr. dług. . . . .	"	1
Łopata zwyczajna . . . . .	"	1
Łom stalowy (drag) . . . . .	"	1
Łańcuchów z 2-ma kółkami . . . . .	"	2
Miotłka ryżowa . . . . .	"	1
Miarka taśmowa 21 mtr. dług. . . . .	"	1
Piłka do drzewa (lisak) . . . . .	"	1
" " " (otwornica). . . . .	"	1
Pas ochronny z torbą . . . . .	"	1
Pion . . . . .	"	1
Postronków . . . . .	"	4
Pochodni benzynowych . . . . .	"	2

Rękawic gumowych . . . . .	par	2
Skrzynka z dwoma naczyniami blaszanymi . . .	sztuk	1
„ do narzędzi . . . . .	„	1
„ do kluczy izolowanych . . . . .	„	1
Ścierek . . . . .	„	2
Termometr . . . . .	„	1
Trąbka sygnałowa . . . . .	„	1
Poprzeczka do lutowania . . . . .	„	1
Dławik . . . . .	„	1
Zacisków z 2-ma hakami . . . . .	„	4
„ z 1-ym hakiem . . . . .	„	4
„ stalowych . . . . .	„	4
Pędzel . . . . .	„	1

Obsada każdego wozu powinna się składać z woźnicy, względnie szofera, i conajmniej z dwu, a dla dokonywania większych robót, n. p. naprężania lub odprężania drutu roboczego, wymiany takowego i t. p., z trzech ludzi. Jeden z wozów musi być stale gotowy do wyjazdu; stanowi on, wraz z dyżurującymi przy nim pracownikami, t. z. pogotowie sieci, niezbędne w razie wypadków n. p. zerwania drutu roboczego.

Ilość wypadków zerwania drutu roboczego jest w różnych miastach rozmaita; podczas kiedy n. p. w Warszawie w przeciągu lat 7 (do wojny) nie skonstatowano ani jednego takiego wypadku, liczone w Piotrogradzie przeciętnie 5—7 wypadków rocznie. Naogół są wypadki zerwania drutu roboczego daleko częstsze przy systemie krążkowym, niż pałkowym, a to skutkiem częstszego wykolejenia się kółka i uderzania drążka o drut.

**3. Pomiary.** Izolację całej sieci, poszczególnych jej dzielnic, lub po oddzieleniu ich od sieci w skrzynkach kablowych, przewodów zasilających i powrotnych, mierzy się najdogodniej przy pomocy stałego omomierza, umieszczonego w elektrowni i zaopatrzonego w odpowiedni przełącznik. Mierzenie musi się odbywać zawsze bez prądu, a zatem po odłączeniu od sieci wszelkich motorów, lampek i t. p.



Rys. 253.

Izolację sieci całej dzielnicy, bez przewodów zasilających, mierzyć można, po oddzieleniu przewodów zasilających, przy pomocy voltmierzera, połączonego, jak na szemacie, rys. 253-ci.

Stawiając przełącznik *b* w położenie 1 i zamykając wyłącznik *a* odczytujemy na voltomierzu napięcie pomiędzy drutem roboczym sąsiedniej dzielnicy a szynami, czyli napięcie sieci *E*.

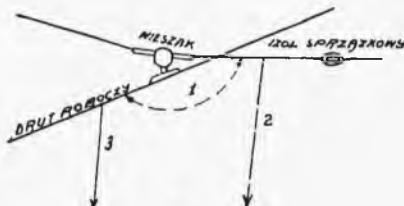
Przestawiając przełącznik *b* w położenie 2 (przy otwartym wyłączniku izolatora sekcyjnego) odczytamy na voltomierzu napięcie pomiędzy drutem roboczym sąsiedniej dzielnicy a drutem roboczym mierzonej dzielnicy *E'*, które będzie tem mniejsze, im lepsza jest izolacja.

Jeżeli wartość w omach szukanej izolacji oznaczymy przez *R*, a opór voltomierza przez *r*, to otrzymamy:

$$R = \left( \frac{E}{E'} - 1 \right) \cdot r.$$

Ponieważ przeważnie nie chodzi przy takich pomiarach o wielką dokładność, przeto dla wygody używa się często voltomierza z dwoma skalami, jedną w voltach i drugą w omach, pokazującą wartość izolacji przy pewnem określonym napięciu *E*.

W podobny sposób sprawdza się, przy pomocy przenośnego voltomierza ze skalą omową, izolację wieszaków i izolatorów sprzączkowych. Oba zaciski voltomierza łączy się z hakami umieszczonymi na końcu długich i lekkich tyk bambusowych. Chcąc zmierzyć izolację izolatora sprzączkowego, zawiesza się jeden z haków na drucie poprzecznym, a zatem pomiędzy wieszakiem a izolatorem sprzączkowym, a drugi na drucie roboczym; voltomierz wskazuje izolację izolatora sprzączkowego. Dla sprawdzenia izolacji wieszaka pozostawia się hak na drucie poprzecznym, a odjęty od drutu roboczego przykładają do szyn. Pomiaru takie są nader łatwe i monter wykonuje je bardzo szybko przy pomocy jednego robotnika.



Rys. 254.

Dokładniejsze wyniki daje t. zw. metoda trzech pomiarów, polegająca na tem, iż mierzy się przy pomocy voltomierza: napięcie pomiędzy drutem roboczym a szynami, drutem roboczym a drutem poprzecznym, oraz drutem poprzecznym (między wieszakiem a izolatorem sprzączkowym) a szynami.

Oznaczmy :

Odchylenie voltomierza przy pomiarze	1	=	<i>A</i>
" " " "	2	=	<i>B</i>
" " " "	3	=	<i>C</i>
Opór voltomierza		=	<i>R</i>
" wieszaka		=	<i>X</i>
" izolatora sprzączkowego		=	<i>Y</i>

$$\begin{aligned} \text{Prąd przepływający przez izolatory} &= I \\ \text{„ „ „ voltomierz} &= i \\ A &= R \cdot i. \end{aligned}$$

Ponieważ przy pomiarze 1 voltomierz jest połączony równolegle z oporem wieszaka  $X$  i razem z nim szeregowo z oporem izolatora sprzączkowego  $Y$ , przeto:

$$i = I \frac{X}{R + X}; \quad I = \frac{C}{Y + \frac{R \cdot X}{R + X}};$$

$$A = R \cdot \frac{C}{Y + \frac{R \cdot X}{R + X}} \cdot \frac{X}{R + X} = R \cdot \frac{C \cdot X}{R \cdot Y + X \cdot Y + R \cdot X},$$

a stąd  $R \cdot (A - C) X + A \cdot R \cdot Y + A \cdot X \cdot Y = 0$ , a założywszy  $Z = \frac{X}{Y}$ :

$$1) \quad R \cdot (A - C) Z + A \cdot R + A \cdot X = 0.$$

W ten sposób otrzymamy dla  $B$  równanie:

$$B = \frac{R \cdot C \cdot Y}{R + Y \left( X + \frac{R \cdot Y}{R + Y} \right)},$$

a po dokonaniu skróceń:

$$B = \frac{R \cdot C \cdot Y}{R \cdot (X + Y) + X \cdot Y},$$

z czego  $B \cdot R \cdot X + R \cdot Y(B - C) + B \cdot X \cdot Y = 0$ , a wstawiając  $Z = \frac{X}{Y}$ :

$$2) \quad B \cdot R \cdot Z + (B - C) R + B \cdot X = 0.$$

$$\text{Z równania 1) wynika: } Z = - \frac{A \cdot R - A \cdot X}{R(A - C)},$$

$$\text{„ „ 2) „ } Z = - \frac{(B - C) \cdot R - B \cdot X}{B \cdot R},$$

$$\text{a zatem: } \frac{A \cdot R - A \cdot X}{R(A - C)} = \frac{(B - C) \cdot R - B \cdot X}{B \cdot R};$$

$$X = \frac{R}{B} (C - A - B);$$

ale z równania 2) mamy:

$$X = - \frac{B \cdot R \cdot Z - (B - C) R}{B} = \frac{R}{B} (C - A - B);$$

$$- B \cdot R \cdot Z - (B - C) R = R (C - A - B),$$

a po odpowiednich skróceniach:

$$- B \cdot R \cdot Z = - R \cdot A; \quad Z = \frac{A}{B} = \frac{X}{Y};$$

$$Y = \frac{B \cdot X}{A} = \frac{B}{A} \cdot \frac{R}{B} (C - A - B); \quad Y = \frac{R}{A} (C - A - B).$$

Mamy więc ostatecznie:

$$\text{opór wieszaka: } X = \frac{R}{B} (C - A - B),$$

$$\text{opór izolatora sprzączkowego: } Y = \frac{R}{A} (C - A - B).$$

Metoda ta, na pierwszy rzut oka nieco skomplikowana, daje się jednak łatwo stosować, jeżeli tylko wyniki pomiarów wpisywać w odpowiednie szematy, jak n. p.:

Linja .....									
№ porządkowy zawieszania	Na lewo od drutu			Na prawo od drutu			Izolacja		U w a g i
	A	B	C	A	B	C	X	Y	

Pomiary może robić każdy monter, obliczenia zaś wykonywa się później w biurze.

Całkowity opór sieci od pewnego punktu do elektrowni, a zatem opór przewodu zasilającego, drutu roboczego, torów i przewodu powrotnego razem, a również oddzielnie stratę napięcia, a zatem i opór drutu roboczego oraz torów, można dogodnie mierzyć przy pomocy amperomierza i voltomierza połączonych, jak na rys. 255-tym, oraz opornika.

Stawiając przełączniki „b” i „c” w położenie 1 przy otwartym wyłączniku „d” odczytujemy na voltomierzu napięcie między drutem roboczym a szynami, równe, wobec braku obciążenia, napięciu na elektrowni E. Po zamknięciu wyłącznika „d” płynie z drutu roboczego do szyn przez opornik „0” prąd I, którego natężenie wskazuje amperomierz „a”. Voltomierz wskazuje teraz inne, mniejsze napięcie E'. Strata

napięcia od elektrowni do punktu *A*, w którym przyłączony jest opornik, wynosi  $E - E'$ , szukany więc opór całkowity wynosi:

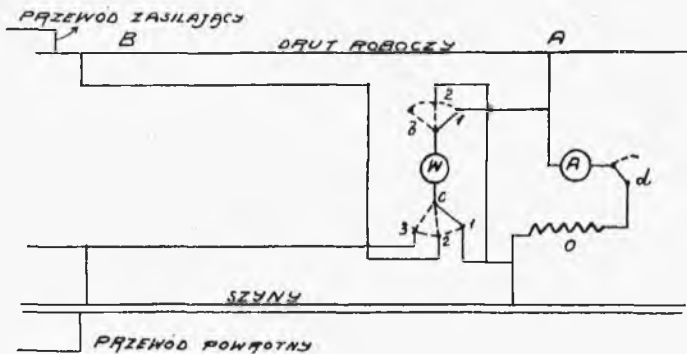
$$R = \frac{E - E'}{I}.$$

Dla zmierzenia oporu samego drutu roboczego między punktami *A* i *B* przesuwa się przełącznik „c” w położenie „2”; voltomierz wskazuje teraz różnicę napięcia między *A* i *B*, a zatem stratę napięcia od *B* do *A* =  $E''$ .

Szukany opór kawałka drutu roboczego długości *BA* będzie:

$$r = \frac{E''}{I}.$$

Dla wykonania tego pomiaru potrzebny jest drut probierczy od *A* do *B*: jako taki może służyć przy podwójnym torze drugi drut roboczy (naturalnie po ewent. usunięciu połączeń między oboma drutami).



Rys. 255

Dla zmierzenia wreszcie straty napięcia w szynach przesuwa się przełącznik „b” w położenie „2” i przełącznik „c” w położenie „3”; voltomierz wskazuje różnicę napięcia, a zatem stratę w szynach pomiędzy *A* i *B* równą  $E'''$ .

Jako drut probierczy może znowu służyć drut roboczy.

Jeżeli pomiędzy *B* i *A* nie ma odpływu prądu od szyn do rur, t. j. jeżeli nie powstają tu żadne prądy błędne, to można wyliczyć opór torów  $r'$ :

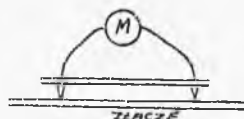
$$r' = \frac{E'''}{I}.$$

Ponieważ jednak prawie zawsze powstają słabsze lub silniejsze prądy błędne, przeto należy zawsze sprawdzić natężenie prądu płynącego w szynach w paru punktach pomiędzy *B* i *A*.

Użyty do tych pomiarów voltomierz powinien mieć kilka skal, gdyż napięcie na elektrowni wynosi zwykle około 600 voltów, podczas kiedy strata w szynach nie przekracza paru voltów.

Dla sprawdzania stanu złącza obmyślono cały szereg różnych przyrządów. Najprostszym jest przyrząd Lorda Kelvina.

Wzdłuż zaopatrzonego w podziałkę linjału mogą się przesuwać dwa izolowane od siebie ostrza. Ostrza te ustawiamy w potrzebnej odległości i przyciskamy linjał do szyny tak, aby złącze znajdowało się pomiędzy ostrzami,



Rys. 256.

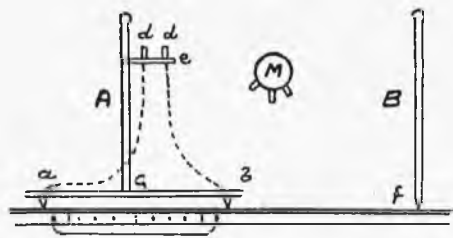
rys. 256-ty. Ostrza połączone są z zaciskami czułego milivoltomierza, który wskazuje stratę powstającą w szynie pomiędzy ostrzami przy pewnym stałym prądzie. Znając natężenie prądu i opór samej szyny, da się z tego wyliczyć opór złącza.

Pomiar taki wymaga przesyłania po szynach dość silnego, stałego prądu.

Aparaty Union, Powszechnego Towarzystwa Elektrycznego i Tow. Siemens i Halske polegają wszystkie na zastosowaniu połączenia t. zw. różnicowego i pozwalają na wykonywanie pomiarów w czasie normalnego ruchu.

Rys. 257-my uwidocznia aparat Siemens i Halske.

Drażek „A” ma na swym końcu poprzeczkę zaopatrzoną w dwa od siebie izolowane ostrza stalowe „a” i „b”; odległość między temi ostrzami może być dowolnie zmieniana.



Rys. 257.

Ostrza „a” i „b” połączone są drutami z trzpieniami „d d”, znajdującymi się na podstawie „e”, umocowanej u góry drążka. Milivoltomierz „M” ma dwa gniazda odpowiadające trzpieniom, tak, iż po ustawieniu go i umocowaniu na podstawie, dwa jego zaciski połączone są z ostrzami „a”

i „b”. Trzeci zacisk łączy się przy pomocy giętkiego przewodnika z ostrzem drążka „B”.

Po ustaleniu odległości między ostrzami „a” i „b” (najlepiej nieco większą, jak długość łączników) ustawia się drążek „A” nad złączem tak, aby ten znajdował się pomiędzy ostrzami „a” i „b” i przyciska mocno do szyny. Milivoltomierz wskaże teraz pewne napięcie, zależne od natężenia prądu płynącego przez szynę i oporu pomiędzy „a” i „b”. Wyciekawszy, aż odchylenie to będzie znaczne (t. j. aż przez szynę

będzie płynął prąd dostatecznie wielki) przyciska się do szyny ostrze drążka „B“ w pewnej odległości, np. 4 metry, od *A*.

Jeżeli złącze jest dobre, to milivoltomierz da teraz przeciwne odchylenie; drążek „B“ przesuwają tak długo, aż odchylenie stanie się = 0; wtedy opór między „a“ i „b“ jest równy oporowi między „b“ i „f“. Jeżeli odległość od „b“ do „f“ jest =  $x$  metrów, zaś między „a“ i „b“ =  $y$  metrów, to dodatkowy opór złącza równy jest oporowi całej szyny o długości  $x - y$  metrów.

Znając opór jednego metra szyny =  $z$ , wylicza się łatwo opór złącza:

$$r = z \cdot (x - y).$$

Zwykle jednak wyliczenia tego się nie robi, lecz wyraża tylko opór złącza w długości szyny, której opór jest taki sam, jak złącza.

Zdarzyć się może, iż  $x$  okaże się mniejsze, jak  $y$ ; ma to miejsce wtedy, kiedy złącze jest doskonałe, a opór zmniejszył się skutkiem dodania łączników miedzianych.

Mierzenie takimi przyrządami, aczkolwiek na tyle proste, iż może być powierzony każdemu monterowi, jest jednak w praktyce bardzo uciążliwe i wolne. Jeżeli np. metr szyny ma opór = 0,00004 oma, zaś  $x = 1,2$  m., a opór dodatkowy złącza wynosi np. 0,000052 oma, to opór między „a“ i „b“ wyniesie  $1,2 \cdot 0,00004 + 0,000052 = 0,0001$  oma. Jeżeli dalej jedna podziałka milivoltomierza odpowiada 0,5 milivolta (taką zwykle bywa czułość tych instrumentów), to dla wywołania odchylenia 10 podziałek (przy mniejszem odchyleniu i chwiejności takowego mierzyć trudno) potrzeba, aby w szynie płynął prąd  $\frac{0,005}{0,0001} = 50$  am-

perów, co przy dwutorowej linii odpowiada ogólnemu prądowi w szynach 200 amperów. Otóż na tak znaczne natężenie prądu wypada zwykle dość długo czekać, zaś na krańcach często wogóle doczekać się nie można.

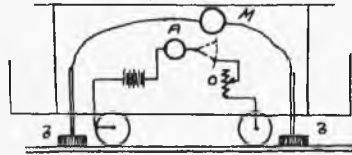
Tymczasem nadchodzące pociągi zmuszają do ustawicznego usuwania aparatu z torów, ruch uliczny też zawadza tak, iż o szybkim mierzeniu nie może być i mowy. Toteż aparaty takie przydatne są do pomiarów tylko na mało ruchliwych ulicach i przy nierozległych sieciach. Przytem jednak należy koniecznie stosować znacznie czulsze aparaty, conajmniej 0,25 milivolta na podziałkę, lepiej zaś jeszcze czulsze.

Dla większych eksploatacji niezbędny staje się wóz do mierzenia oporu złączy. Koła, a raczej złożenia takiego wozu, winny być od siebie izolowane. W wozie umieszcza się baterję akumulatorów dla prądu 100 do 200 amp. z regulacyjnym opornikiem. Zacisk dodatni baterji łączy się z jednym ze złożów, ujemny zaś przez wyłącznik i opornik,



z drugim tak, iż prąd płynie przez szyny. Wóz zaopatrzony jest w dwie szczotki stalowe silnie do szyn przyciśnięte, które stanowią kontakty dla milivoltomierza; milivoltomierz ten winien mieć możliwie duży opór n. p. 10 omów.

Zamknąwszy wyłącznik „a“, rys. 258-my, reguluje się przy pomocy opornika „0“ natężenie prądu, które wskazuje amperomierz „A“, poczem opuszcza się i przyciska szczotki „b“ „b“. Milivoltomierz wskazuje teraz stratę napięcia, jaka powstaje w szynie pomiędzy kołami. Odchylenie milivoltomierza staje się większe w chwili, kiedy między kołami znajduje się złącze. Jeżeli n. p. rozstaw kół wynosi 1,8 m., opór metra szyny 0,00004 oma, opór złącza 0,000052 oma, a natężenie prądu na szynę 50 amp., jedna zaś podziałka milivoltomierza odpowiada 3 milivoltom, to odchylenie bez złącza wyniesie:



Rys. 258.

$$0,00004 \cdot 1,8 \cdot 50 \cdot 1000 \cdot 3 = 10,8 \text{ podziałek, ze złączem zaś}$$

$$(0,00004 \cdot 1,8 + 0,000052) \cdot 50 \cdot 1000 \cdot 3 = 17,1 \text{ podziałek.}$$

Pomiar odbywa się w ten sposób, iż w nocy, kiedy na sieci niema prądu, jedzie się tym wozem wzdłuż linii, obserwując milivoltomierz; o ile odchylenie jest na jakim złączu zbyt wielkie, to się go odnotowuje jako zły dla późniejszego sprawdzenia i poprawienia. Wóz nie powinien być poruszany elektrycznie, gdyż zmienne natężenie prądu motorów przeszkadzałoby pomiarom: ponieważ idzie tu zawsze o małą prędkość, najlepiej więc ciągnąć wóz końmi.

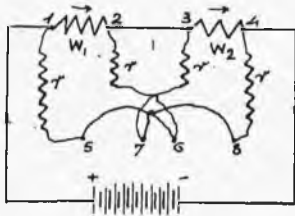
Jako baterja wystarczają w zupełności dwa akumulatory odpowiedniej wielkości. Wozem takim można sprawdzać 2–4 km. szyny na godzinę.

Rzeczą znacznie trudniejszą i wymagającą dużej umiejętności i wprawy, są wszelkie pomiary prądów błądzących. Jak to już widzieliśmy nie wystarcza tu bynajmniej zmierzenie różnic potencjałów pomiędzy różnymi punktami szyn, ani szynami a rurami, gdyż może się łatwo zdarzyć, iż przy znacznych różnicach potencjałów prądy są słabe i na odwrót.

Do jeszcze błędniejszych wniosków może doprowadzić obliczenie, oparte na wymierzeniu oporów pomiędzy szynami i rurami. Wszystkie te pomiary mogą tylko służyć jako uzupełnienia, pozytywne zaś wyniki dadzą się osiągnąć li tylko szeregiem pomiarów gęstości prądów opuszczających rury i bezpośredniem mierzaniem natężenia prądów odchodzących od szyn.

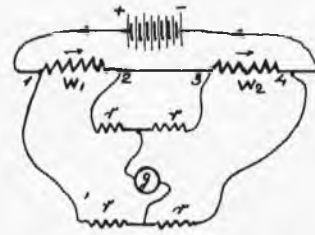
Przerwanie w pewnym miejscu torów i włączenie tam amperomierza, któryby bezpośrednio wskazywał natężenie prądu płynącego

przez tory jest bardzo trudne do wykonania i może łatwo dać zupełnie fałszywe wyniki, gdyż samo takie przerwanie może zmienić przebieg prądu i zwiększyć prądy ziemne. Nie pozostaje przeto nic innego, jak operować systemem bocznikowym, zastępując opór bocznikowy amperomierza pewną długością szyny, czyli mierzyć prąd zapomocą uprzednio wyworowanych milivoltomierzy.



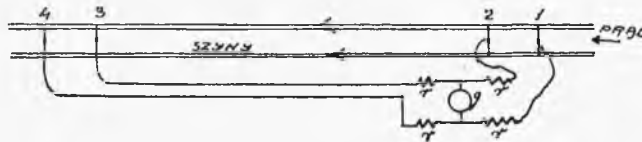
Rys. 259.

Uzwojenia galwanoskopu „5—6“ i „7—8“, rys. 259-ty, łączy się przez oporniki „r r“ z krańcowymi punktami odcinków szyn, w których mamy porównać natężenie prądów „1—2“ i „3—4“. Jeżeli opory tych odcinków  $W_1 = W_2$  i płynie przez nie jednakowy prąd  $i_1 = i_2$ , to galwanoskop nie da żadnego odchylenia; skoro jednak tylko  $W_1$  nie będzie równe  $W_2$  lub  $i_1$  równe  $i_2$ , to igła galwanoskopu odchyli się w jedną lub drugą stronę. Obierając przeto odcinki szyn o równym oporze, możemy z odchyień galwanoskopu wnioskować o różnicy prądu, czyli o natężeniu prądu odpływającego do ziemi między odcinkami. Trudność stanowi tu wyznaczenie dwu odcinków torów o ściśle równym oporze.



Rys. 260.

Dogodniejsze przeto jest połączenie, uwidocznione na rys. 260-tym. Przy nierówności oporów  $W_1$  i  $W_2$ , ale równości prądów  $i_1$  i  $i_2$ , można zawsze przez odpowiednie regulowanie oporników „r r“ osiągnąć to, iż galwanoskop „G“ nie da żadnego odchylenia; odchylenie jednak nastąpi natychmiastowo, skoro tylko  $i_1$  przestanie być równe  $i_2$ .



Rys. 261.

Szemat takiego połączenia w zastosowaniu do pomiaru w szynach pokazuje rys. 261-szy. Przy odpowiednim wyworowaniu galwanoskop wskazuje bezpośrednio natężenie prądu uchodzącego z szyn pomiędzy punktami „3“ i „2“.

Dla ścisłości pomiaru i uniknięcia chwiejności prądu najdogodniej (ale nie koniecznie) jest mierzyć w nocy, obciążając szyny stałym natężeniem prądu przez odpowiednie oporniki.

Niedogodnością tej metody jest to, iż wymaga ona dwu długich drutów mierniczych od aparatu do punktów „3” i „4”, druty zaś takie rzadko kiedy dają się bez znaczniejszych trudności ułożyć. Trudno je zastąpić drutami roboczymi, gdyż nawet przy torze podwójnym, jeden z nich musi służyć dla doprowadzenia prądu obciążającego szyny.

Równie dokładną i nie wymagającą drutów mierniczych, ale za to znacznie kłopotliwszą jest metoda opisana poniżej, rys. 262-gi.

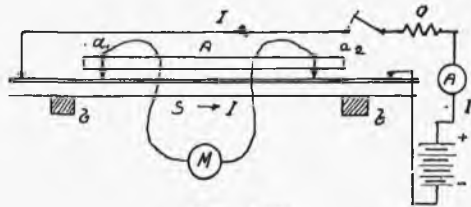
Do deski „A” przymocowane są dwa ostrza stalowe „a<sub>1</sub> a<sub>2</sub>”; odległość tych ostrzy jest nieco mniejsza, jak normalna długość szyny, n. p. przy 10 m. szynach, 8 m.

Szynę „S” ustawia się na dwu kawałkach drzewa „b b” tak, by była od ziemi izolowana i przepuszcza przez nią prąd, którego natężenie można regulować przy pomocy opornika i mierzyć przy pomocy amperomierza „A”.

Zaciski milivoltomierza łączy się z ostrzami „a<sub>1</sub> a<sub>2</sub>”. Ostrza te przyciska się do szyny; milivoltomierz wskazuje wtedy oczywiście różnicę potencjałów pomiędzy „a<sub>1</sub>” i „a<sub>2</sub>”, powstającą skutkiem przepływu prądu o natężeniu „I” amperów. Ponieważ opór szyny pomiędzy „a<sub>1</sub>” i „a<sub>2</sub>” jest stały (o ile nie znajduje się tu żadne złącze), przeto odchylenie igły milivoltomierza daje miarę prądu. Iloraz odczytań amperomierza  $I$  amp., dzielony przez odczytania milivoltomierza  $m$  podziałek,  $\frac{I}{m}$  daje ilość amperów, jakiej odpowiada jedna podziałka milivoltomierza.

Tenże sam pomiar pozwala określić również i opór szyny, oraz opór właściwy materiału szynowego. Jeżeli milivoltomierz wskazuje „m” milivoltów to opór „r” kawałka szyny o długości  $a_1 a_2 = l$  metrów jest  $r = \frac{m}{I}$ ; zaś opór właściwy  $w = \frac{m \cdot F}{100 \cdot I \cdot l}$ ;  $F$  = przekrój szyny w mm<sup>2</sup>.

Wyworowawszy w ten sposób milivoltomierz dla danego profilu i materiału szyn, można na milivoltomierzu odczytywać bezpośrednio natężenie prądu płynące w szynie, zważając tylko, aby deska była zawsze przyłożona tak, aby pomiędzy ostrzami „a<sub>1</sub> a<sub>2</sub>” nie znajdowało się złącze.

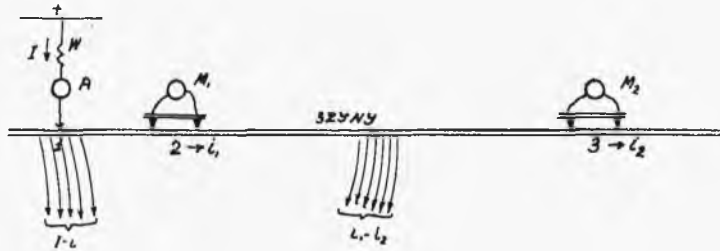


Rys. 262.

Jeżeli więc n. p. w punkcie „1“ rys. 263-ci, obciążymy szynę przez opornik „W“ prądem „I“, którego natężenie wskazuje amperomierz „A“, deski zaś z milivoltomierzami przyłożone w punktach „2“ i „3“ wskażą prądy  $i_1$  względnie  $i_2$ , to pomiędzy punktami „1“ i „2“ odchodzi od szyn prąd  $= I - i_1$  amp., zaś pomiędzy „2“ i „3“ prąd  $= i_1 - i_2$  amp.

Przy wykonywaniu takich pomiarów trzeba koniecznie pamiętać o tem, aby w miejscu obciążenia tory, o ile się ma do czynienia z torem podwójnym, łączyć ze sobą; mierzyć należy prąd płynący w każdej szynie oddzielnie, (przy torze podwójnym wymaga zatem każdy punkt czterech pomiarów), gdyż, pomimo wszelkich połączeń międzyszynowych i międzytorowych mogą zachodzić bardzo poważne różnice pomiędzy torami, a nawet szynami jednego toru.

Do mierzenia gęstości prądów wychodzących z rur służą ramy ziemne prof. Habera. Opis tych przyrządów i sposób posługiwania się nimi podany jest już w przepisach o prądach ziemnych.



Rys. 263.

Różnicę potencjałów pomiędzy punktami powrotnymi mierzyć najlepiej na elektrowni, włączając pomiędzy druty probiercze przewodów powrotnych voltmierz ze skalą n. p. do 5 voltów, z „O“ po środku (różnica potencjałów nie jest stała lecz waha się szybko wraz z prądem, przechodząc nagle z dodatniej w ujemną i na odwrót). Ponieważ nie idzie tu o wyznaczenie największości, więc wskazane jest stosować przyrząd z silnem tłumieniem, a zatem wolnym ruchem wskazówki. Bardzo pożyteczny jest tu przyrząd samopiszący o niezbyt wielkiej szybkości taśmy, n. p. 10 mm. na godzinę.

Rzecz się znacznie komplikuje, jeżeli przewody powrotne nie są zaopatrzone w druty probiercze, lub jeżeli idzie o wymierzenie różnicy potencjałów pomiędzy punktami powrotnymi, a innymi punktami torów. Jeżeli, jak to najczęściej bywa, druty probiercze nie dadzą się ułożyć bez zbytnich trudności, to można się posługiwać przy torze podwójnym jednym z drutów roboczych. Odłączywszy od siebie oba druty robocze odłącza się jeden z nich od punktu zasilającego. Następnie obciąża się sztucznie tory przez opornik biorąc prąd z nieodłączonego

drutu roboczego, a odłączony drut roboczy łączy się blisko miejsca obciążenia z torami, zaciski zaś voltomierza z tymże drutem roboczym i z szynami w tym miejscu, którego napięcie względem punktu obciążenia mamy wyznaczyć; voltomierz wskazuje wtedy bezpośrednio szukaną różnicę. Znając opór torów bez złączy i mierząc prąd w kilku miejscach pomiędzy punktami obciążenia i przyłączenia voltomierza, można na podstawie takiego pomiaru obliczyć dodatkowy opór złączy; jako natężenie prądu bierze się średnią z pomiarów w punktach pośrednich.

Jeżeli średnie natężenie prądu wynosi  $I$  amp., voltomierz zaś wskazuje różnicę  $e$  voltów, to opór wynosi  $r = \frac{e}{I}$  omów. Jeżeli dalej odległość pomiędzy punktami pomiaru stanowi  $l$  metrów, opór jednego metra szyny  $r_1$  omów, to dodatkowy opór złączy wynosi przy torze podwójnym  $r_2 = \frac{e}{I} - \frac{r_1 \cdot l}{4}$ . Jeżeli na tej przestrzeni leży  $n$  złączy w każdej szynie, to opór jednego złącza wynosi średnio  $\frac{4 \cdot r_2}{n}$ .

## ROZDZIAŁ XXII.

### T o r y.

**1. Trwałość szyn.** Toczenie się kół wozów i pociągów po szynach powoduje oczywiście stopniowe ich ścieranie się. Stopień tego ścierania się zależy jest tak od materiału, z jakiego wykonane są szyny, jak i od materiału obręczy kół, rodzaju budowy spodniej, profilu szyn i obręczy, gęstości ruchu, wagi i budowy wozów, prędkości, profilu linji i t. p. i jest z natury rzeczy nader zmienny. Starcie takie najlepiej obliczać na tonnę wagi, która przez dany punkt przejechała, lub na ilość osi, które przez dany punkt przebiegły.

Niestety brak zupełnie w literaturze danych co do cyfrowej wartości tego starcia, podawanie zaś wyników poszczególnych eksploatacji jest wobec wielkiej różnicy między tymi wynikami zupełnie bezcelowe. Zupełnie więc tylko ogólnikowo można zaznaczyć, że starcie może dochodzić do 1 mm. rocznie na bardzo ożywionych linjach.

Na łukach bywa starcie znacznie silniejsze i tem większe, im ostrzejszy jest łuk; głównie ulega tu starciu nie właściwa powierzchnia jezdna szyny, lecz u szyny zewnętrznej, brzeg główki od strony wewnętrznej, a u wewnętrznej, przy szynach rowkowych, obrzeże rowka.

Obrzeże to, jako od główki daleko cieńsze, ściera się stosunkowo prędko, co powoduje potrzebę częstszej zmiany szyn na łukach, niż na linii prostej. Przy gęstym ruchu nie wytrzymają skutkiem tego szyny na ostrych łukach dłużej, jak 3 — 5 lat.

Gdyby starcie szyn mogło być ograniczone do normalnego starcia, to szyny na linii prostej mogłyby służyć bardzo długo, prawdopodobnie do 30 lat; niestety, w rzeczywistości nigdy prawie tak nie bywa i rzadko chyba zdarza się, aby szyna była zamieniona skutkiem takiego normalnego starcia.

Słabymi punktami torów są przedewszystkiem zawsze złącza. Na złączach występuje zawsze silniejsze lub słabsze t. zw. „wybicie”, czyli mocniejsze starcie, spowodowane tak nieuniknionymi, choćby drobnymi, nierównościami, jako też często nieco inną strukturą materiału na końcu szyny (n. p. przy złączach spajanych). Większe starcie wytwarza wgłębienie, czy też dół; skoro tylko dół taki powstanie, to powoduje on



Rys. 264.

podskakiwanie i gwałtowne opadanie, a więc uderzanie kół tak, iż zwiększa się szybko. Takie wybite złącza dają się bardzo nieprzyjemnie uczuć przy jeździe, powodując wstrząśnienia i t. z.

„galopowanie” wozów, co naturalnie fatalnie wpływa na trwałość taboru; pozatem wybite złącza zwiększają dość znacznie opór trakcji, a co zatem idzie, zużycie pracy.

Wybite złącza można poprawić spiłowując, lub lepiej zheblowując powierzchnię jezdni tak, aby złagodzić pochyłość wybicia, rys. 264-ty.

Zheblowanie takie zmniejsza znacznie wstrząśnienia przy przejeździe złącza.

Po kilku jednak zheblowaniach staje się wybicie tak głębokie, iż dalsze zheblowania nic już nie pomagają tak, iż nie pozostaje nic innego, jak wymienić obie szyny, albo conajmniej wyciąć odpowiednie kawałki każdej z nich i wstawić kawał nowej szyny, przyczem jednak zamiast jednego złącza powstaje oczywiście dwa. Przy złączach w rodzaju złącza „Melaun“, gdzie łupka zastępuje na pewnej przestrzeni główkę szyny, udaje się czasami zaradzić wybiciu przez zmianę łupki, zastępując startą nową, ewent. odpowiednio dłuższą.

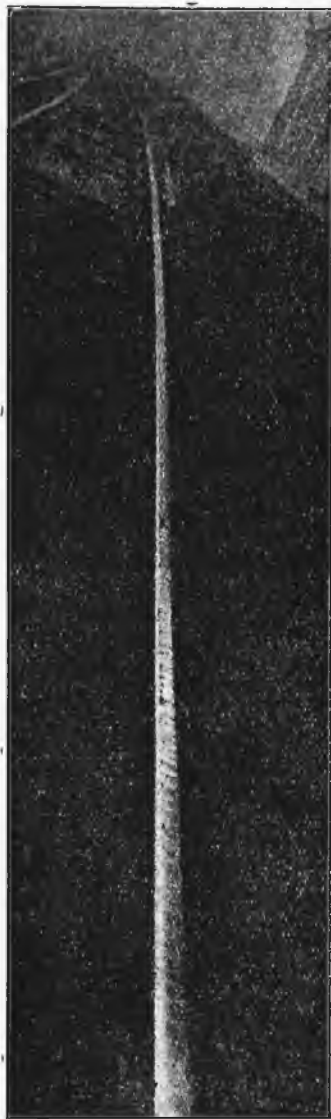
**2. Starcie faliste.** Drugą przyczyną, powodującą często bardzo szybkie zniszczenie szyn jest t. z. „starcie faliste“. Na powierzchni tocznej główki szyny powstaje rodzaj fal o bardzo różnej, często nie jednostajnej długości, od 30 do 350 mm., Kierunek tych fal jest zwykle blizki prostopadłej do osi toru. Głębokość, względnie wysokość fal,

z początku tak mała, iż się prawie wymierzyć nie daje (dziesiętne części milimetra) rośnie szybko, powodując przy jeździe bardzo niemiłe i nader szkodliwe dla trwałości taboru, szybko po sobie następujące uderzenia i wstrząśnienia, rodzaj trzęsienia; opór traktacji rośnie przytem znacznie (por. str. 274).

Przy jeździe ledwo jeszcze wyczuwalne małe fale dają się łatwo zauważyć patrząc pod słońce na czystą, błyszczącą szynę. Charakterystyczny wygląd starcia falistego widzimy na rys. 265-tym.

Fale zjawiają się czasami już w parę dni po otwarciu ruchu na nowo ułożonych torach; czasami pokazują się one dopiero po upływie roku, dwóch, trzech, pięciu lub więcej lat, czasami wreszcie nie pokazują się wcale. Skoro tylko jednak gdzie się okażą, tam zwiększają się one przeważnie szybko, zmuszając po krótkim już czasie do zheblowania całej szyny. Zheblowanie jednak rzadko tylko usuwa zło radykalnie; przeważnie odnawiają się fale znowu po upływie dłuższego lub krótszego czasu, prowadząc szybko do zupełnego zniszczenia szyny i zmuszając nieraz do zmiany całego toru już po paru latach.

Starcie faliste jest więc złem bardzo poważnem i narażającym nieraz na znaczne bardzo wydatki; nic przeto dziwnego, iż kwestją tą zajęli się żywo tak fachowcy tramwajowi i walcowniani, jako też i poszczególne towarzystwa eksploatujące tramwaje, starając się wyjaśnić przyczyny powstawania fal tak czysto naukowemi dociekaniem, jako też szeregiem prób. Zwłaszcza Międzynarodowy Związek Tramwajów i Kolei Dojazdowych zebrał co do tego obfite i nader ciekawe dane i materiały, stawiając starcie faliste na porządku dziennym trzech swoich walnych zjazdów (Medjolan 1906, Bruksella 1910 i Chrystjanja 1912). Pragnący bliżej się z tą kwestją zapoznać znajdą w od-



Rys. 265.

nośnych publikacjach i sprawozdaniach mnóstwo nader ciekawych spostrzeżeń, wywodów, zdań, prób i doświadczeń.

Pomimo tej obfitości przeróżnych prac stwierdzić jednak należy, iż dotychczas ani przyczyny powstawania fal nie zostały jeszcze ostatecznie wyjaśnione, ani też nie wynaleziono środka, któryby powstawaniu ich radykalnie zapobiegał.

W zapatrywaniach fachowców panują dwa zasadniczo różne kierunki: pierwszy z nich przypisuje powstawanie fal nieodpowiedniemu i złemu sposobowi walcowania, drugi zaś wadliwemu ułożeniu i wogóle eksploatacji. Przedstawiciele obu kierunków zwalczają się namiętnie, przytaczając liczne dowody pro i contra.

Na dowód tego, iż wina powstawania fal leży już w samych szynach przytaczany bywa n. p. często obserwowany fakt, iż ułożone obok siebie, na takiej samej budowie spodniej szyny tego samego profilu i materiału, czasami nawet pochodzące z tej samej walcowni, ale z innej partji, jedne nie okazują wcale starcia falistego, podczas kiedy drugie pokrywają się już po krótkim czasie wyraźnymi falami; dalej zdarza się, iż zarodki fal widoczne są na zupełnie nowych, jeszcze nie ułożonych szynach. Przeciwnicy odpowiadają na to, iż często szyny z jednej i tej samej walcowni i tej samej partji pochodzące, ułożone na różnych podłożach, jedne starciu falistemu podlegają, a drugie nie, a także, iż nawet po ukazaniu się fal, po zmianie podłoża fale te znikają.

Pozorna sprzeczność tych faktów wskazuje na to, iż na powstawanie fal musi wpływać mnóstwo różnych czynników, co właśnie czyni zbadanie ich tak trudnem.

Pewnem zdaje się jednak, iż zarodek fal, względnie skłonność do ich powstawania musi leżeć już w samej szynie; szyna taka nie koniecznie musi podlegać falistemu starciu; odpowiednie podłoże może powstanie fal conajmniej znacznie opóźnić. Szyna natomiast nie mająca skłonności do fal, w żadnych warunkach starciu temu nie ulegnie.

Przyczyny powstawania fal, względnie skłonności do nich, starano się wyłómaczyć pewną wibracją walców w czasie walcowania i niedość dobrem przewalcowaniem (ewent. przy niedość wysokiej temperaturze). Że jednak nie samo nieodpowiednie walcowanie powoduje skłonność do fal, tego dowodzi niezbicie fakt, iż fale obserwowano i na częściach wogóle nie walcowanych, lecz odlewanych, n. p. na zwrotnicach, skrzyżowaniach i t. p. Gra tu bezwarunkowo poważną rolę niedostateczna równomierność materiału szynowego. Już przed laty stwierdził n. p. Th. Andrews, inżynier-chemik, specjalista hutnik i rzeczoznawca licznych towarzystw kolejowych, iż zawarte w materiale szynowym węgiel, fosfor i siarka nie są bynajmniej w materiale tym równomiernie rozłożone, lecz stanowią w nim skupienia miejscowe. Skutkiem takiego nierówno-



miernego rozdziału składników materiału staje się miejscami kruchy, co próbami łatwo daje się stwierdzić. Łatwiejsze, a zatem przeważnie i lepsze, przewalcowanie szyn typu „Vignol“ tłómaczy fakt, iż szyny te znacznie mniej podlegają falistemu starciu, jak trudniejsze do przewalcowania szyny rowkowe.

Stwierdzono dalej niezbicie, iż powstawaniu fal sprzyja mała elastyczność samej szyny i podłoża, a zatem, iż fale powstają prędzej na ciężkich, mocnych, a głównie wysokich profilach, niż na lekkich, niskich, prędzej na podłożu betonowym, niż na elastyczniejszym asfaltowym, a najmniej na najelastyczniejszym ułożeniu, t. j. poprzecznych podkładach. Dlatego też falistemu starciu podlegają najmniej szyny kolei na torach, ułożonych na własnym torowisku z szyn Vignolowskich, ułożonych na podkładach poprzecznych i niezakrytych, więcej szyny kolejek z torami, zbudowanymi również z szyn Vignolowskich na poprzecznych podkładach, ale ułożonych w jezdni, a zatem zabrukowanych do główki, a najbardziej szyny tramwajów miejskich o torach, ułożonych z szyn rowkowych, zatopionych w bruku.

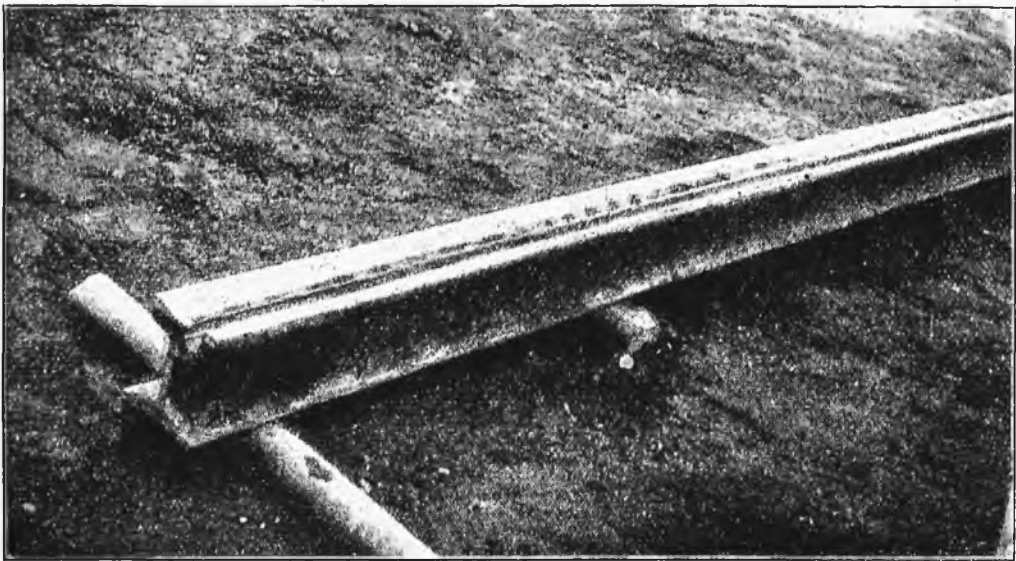
W ostatnich latach, w miarę zwiększania profilu szyn i ciężaru wozów, rosło i powstawanie fal, co początkowo doprowadziło do błędnego mniemania, iż wzmożone powstawanie fal spowodowane jest nadmiernem obciążeniem kół. Że tak nie jest, dowodzi tego fakt, iż bardzo silne fale dają się często zauważyć na szynach, służących do doprowadzania prądu, t. zw. trzecich szynach, obciążonych tylko zbieraczem prądu (n. p. w wysokim stopniu na nadziemnej kolei berlińskiej).

Ostatni przed wojną Zjazd Zjednoczenia Międzynarodowego Tramwajów i Kolei Dojazdowych, który odbył się w Chrystjanji w r. 1912, uznał, na podstawie obszernego referatu A. Busse, starszego inżyniera tramwajów berlińskich, i ożywionej dyskusji, kwestję powstawania fal za nierozstrzygniętą, ustalił jednak szereg przyczyn, sprzyjających powstawaniu fal, względnie powodujących to powstawanie.

Przyczynami temi są:

- 1) Rodzaj i wewnętrzna struktura materiału szynowego (według najnowszych badań tu właśnie leży główna przyczyna fal);
- 2) Zbyt twarde obręcze kół elektrowozów;
- 3) Silne, ostre hamowanie przy prędkiej jeździe;
- 4) Zbyt prędkie ruszanie;
- 5) Boczne ruchy wozów (kołysanie), które mogą być wywołane:
  - a) Zbyt sztywnem przytwierdzeniem kół złożenia do osi;
  - b) Nierównymi średnicami kół jednej osi;
  - c) Różnicą w wysokości ułożenia szyn jednego toru;
  - d) Nierównem rozłożeniem ciężaru na koła;

- e) Różnicą w elastyczności resorów wozu;
  - f) Grą w panewkach osiowych;
  - g) Nieregularnościami w szerokości toru;
  - h) Nieregularnościami w poziomie;
  - i) Pośpieszaniem koła bliższego przekładni, spowodowanem napędem silnika, i opóźnianiem drugiego koła;
  - k) Złemi podwoziami;
  - l) Zbyt małymi rozstawami;
- 6) Łuki o dużych promieniach;
- 7) Rodzaj budowy spodniej i podłoża.



Rys. 266.

Działanie przyczyn, przytoczonych pod Nr.Nr. 3, 4 i 5, polega na tem, iż mogą one wywoływać ślizganie się kół oraz wzmożone wibracje. Rzeczywiście zauważono, iż fale są wyraźniejsze przed przystankami i na pochyłościach, gdzie się stale hamuje, a również, iż fale zwiększyły się ze zwiększeniem prędkości i wprowadzeniem silniej działających mechanicznie i elektrycznie hamulców.

Zbyt twarde obręcze (przyczyna 2), twardsze od szyn, zwiększają wogóle starcie szyny i sprzyjają temsamem powstawaniu fal.

Boczne uderzenia powodują suwanie się kół w kierunku prostopadłym do toru i zwiększają wibracje. Co do łuków, to zauważono wszędzie, iż fale nie powstają nigdy na łukach o większych promieniach (n. p. ponad 50 m.) i to prawie zawsze tylko na szynie zewnętrznej, a w rzadkich tylko wypadkach i na wewnętrznej.

Często spotykane twierdzenie, iż winą powstawania fal jest zbyt mała twardość szyn, jest zupełnie niesłuszne, gdyż fale zauważano i na szynach ze stali manganowej. Szynę taką n.p. kolei nadziemnej Berlińskiej z bardzo wyraźnymi falami widzimy na rys. 266-tym.

Również niesłuszne jest mniemanie, jakoby długość fal stała w jakimkolwiek stosunku do prędkości; liczne obserwacje dowodzą, iż tak nie jest, gdyż można często na jednej i tej samej szynie zauważyć fale o różnych długościach.

Fale powstają również i na kolejach linowych; dowodzi to, iż winą powstawania fal nie może być napęd.

Streszczając wszystko wyżej powiedziane, można z wielkim prawdopodobieństwem twierdzić, iż:

1) Na szynach doskonale walcowanych struktury idealnie równomiernej fale nigdy powstać nie mogą;

2) O ile nowa, jeszcze nie ułożona szyna ma już zarodki fal, lub o ile materiały jej jest nierównomierny, to fale mogą powstać, lub nie, w zależności od innych warunków (profil, ułożenie i t. d.)

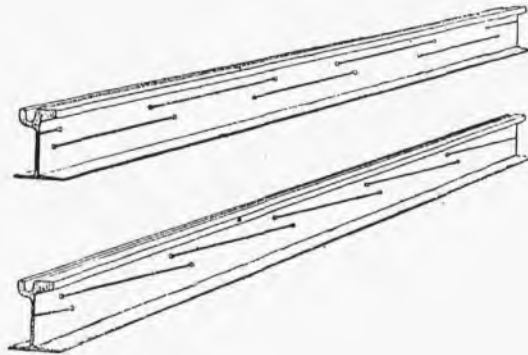
Najskuteczniejszym środkiem zaradczym przeciwko falom jest elastyczność szyny i elastyczność budowy spodniej. Najmniej elastyczna jest budowa spodnia betonowa, najbardziej elastycznym ułożenie na podkładach poprzecznych.

Elastyczność szyn wymagałaby zastosowania słabszych profili, co jest znowu z innych względów niedopuszczalne. Tramwaje w Goteborgu (Szwecja) osiągnęły pomyślne rezultaty podłużnym nacięciem szyn, rys. 267-my.

Nacięcia takie zwiększają znakomicie elastyczność szyny; po ich wykonaniu znikły wkrótce dość już wyraźne fale.

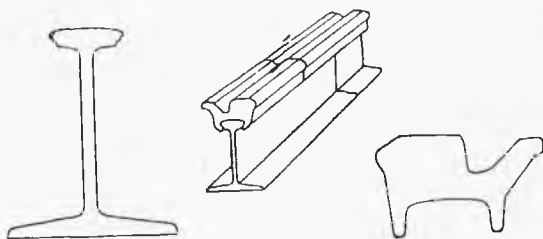
Zastosowany już od lat paru w Berlinie system ułożenia szyn Busse-Reinhardt (por. tom I str. 142 — 143 rys. 100-ny i 101-szy), dał również i pod względem starcia falistego jaknajlepsze rezultaty; fale albo wcale dotychczas nie powstały, albo też były conajwyżej znikomo małe.

Wychodząc z założenia, iż główną przyczyną powstawania fal jest niedostateczne walcowanie i spowodowana tem mała jednolitość materiału, zbudowano w Ameryce dwudzielną szynę, rys. 268, złożoną z nóżki wraz z podstawą „a” oraz główki „b”.



Rys. 267.

Część dolną wywalcowuje się zwykłym sposobem, część górną zato z możliwie wielką starannością przy zastosowaniu maksymalnych ciśnień, przez co utrzymuje się nadzwyczaj równą i drobnoziarnistą wewnętrzną

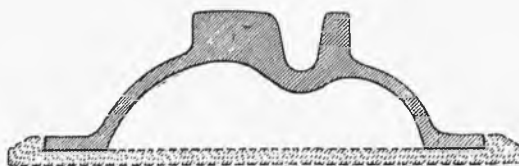


Rys. 268.

budowę stali. Część dolną układa się normalnie i zatapia w bruku, poczem dopiero nakłada na nią główkę, zaginając i zaciskając specjalną maszyną brzezi, w które jest ona zaopatrzona. Próby dokonane z takimi szynami w roku

1906 w Leeds (Anglja) i w Paryżu, dały bardzo dobre rezultaty, gdyż falistego starcia nigdzie nie zauważono. W Niemczech opatentowano w ostatnich czasach nowy profil, rys. 269-ty.

Profil ten, sam przez się bardzo elastyczny, wywalcowuje się w przeciwieństwie do szyn normalnych, rowkowych i Vignolowskich, w położeniu stojącym, t. j. szyna przechodzi przez walce stojąc, co pozwala na wywarcia znacznie większych ciśnień na główkę i zapewniać ma znakomite jej przewalcowanie.



Rys. 269.

O wykonaniu prób i ich wynikach z tym profilem dotychczas żadnych wiadomości niema.

**3. Złącza, zwrotnice, podłoże.** Niezależnie od „wybicia“ podlegają złącza również i rozregulowaniu, względnie rozluźnieniu; skutkiem ciągłych wstrząśnięć rozluźniają się z biegiem czasu choćby najmocniej zaciśnięte i najlepiej zabezpieczone śruby ściskające łupki i muszą być od czasu do czasu dociągane, łupki zaś same ewent. dopasowywane.

Tory podlegają również rozregulowaniu, już to skutkiem wstrząśnięć, już to głównie skutkiem nierównych bocznych ciśnień bruku. Rozregulowanie takie daje się najbardziej odczuwać przy ułożeniu w bruku drewnianym; kostki drewniane pęczniejąc pod wpływem wilgoci, wywierają silne ciśnienie na szyny; póki bruk jest zupełnie spoisty, równoważą się te obustronne ciśnienia, przy powstaniu jednak lada niespoistości, przeważa ciśnienie z jednej strony i wyciska szynę z jej pierwotnego położenia; szerokość toru się zmienia, tory z prostych stają się zygawkowate, wężowate. Jak bardzo takie rozregulowanie zwiększa opór

trakcji, widzieliśmy już w zestawieniu str. 274; powoduje ono pozatem boczne uderzenia i wahania szkodliwe dla taboru. Takie przeto tory winny być jaknajśpieszniej prostowane i regulowane.

Więszemu starciu aniżeli szyny podlegają zwrotnice, krzyżownice i skrzyżowania.

W zwrotnicach ścierają się głównie iglice, w skrzyżowaniach kliny; tak jedne, jak i drugie muszą być oczywiście w miarę starcia zastępowane nowymi. Pozatem rozluźwiają się ruchome iglice na czopach i nie przystają dobrze do szyn, względnie „odskakują“, powodując wykołowanie wozów doczepnych; wymaga to naturalnie natychmiastowej naprawy.

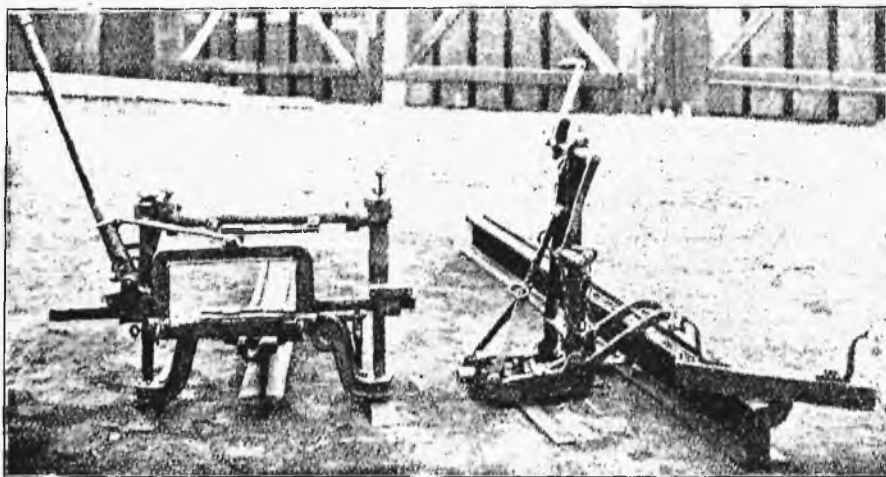
Budowa spodnia, względnie podłoże szyn, wymaga też częstych napraw i stałej pieczy; zwłaszcza pod złączami ulega podłoże często szybkiemu zniszczeniu.

Nader smutne doświadczenia porobiono wszędzie z szeroko rozpowszechnioną i swego czasu uważaną za doskonałą budową spodnią betonową z cementową podlewką. Po upływie zaledwie paru lat okazała się podlewka zupełnie rozkruszona i często wymyta przez wodę. Rozkruszenie podłoża pozwala szynie wyginać się i pociąga za sobą rozruszenie przylegającego bruku oraz zmiany w poziomie szyn. Poprawianie, względnie odnawianie rozkruszonego podłoża nie jest bynajmniej rzeczą łatwą; w tym celu należy przedewszystkiem zerwać bruk po obu stronach szyny na odpowiedniej szerokości. Jeżeli podlewka jest cementowa, to musi ona schnąć conajmniej dni 10, przez ten więc przeciąg czasu należy ruch przerwać na danym kawałku toru, co czyni niezbędnym układanie torów objazdowych, prowizorycznych i t. p. Podlewka asfaltowa pozwala całą robotę wykonać w ciągu jednej nocy, nie przerywając zupełnie ruchu.

**4. Utrzymanie torów.** Niezależnie od wyżej przytoczonych robót wymagają naturalnie tory, a zwłaszcza zwrotnice, stałego oczyszczania. Czyszczenie torów załatwiają dróżnicy; długość torów, jaką może oczyścić jeden dróżnik, zależy w wysokim stopniu od warunków miejscowych i charakteru ruchu ulicznego. Naogół liczyć można, iż dróżnik może utrzymać w należywym porządku w ruchliwym mieście 1—2 km. toru podwójnego; dróżników dzieli się przeważnie na dwie zmiany, powierając w takim razie każdemu podwójną ilość torów. W zimie należy ilość dróżników zwiększać, dodając im do poinocy najemników. Oczyszczanie większych rozjazdów załatwiają zwykle zwrotniczowie, których obowiązkiem jest pozatem przestawiać zwrotnice. Oczyszczanie i utrzymywanie zwrotnic nie obsługiwanych przez zwrotnicznych załatwiają t. z. obchodowi. Można przeciętnie liczyć, iż jeden

obchodowy może oczyścić i utrzymać w porządku około 30 zwrotnic, o ile oczywiście one nie są od siebie zbyt odległe, lecz skupione w paru większych rozjazdach. Na zimę zwiększa się zwykle ilość tak obchodowych, jak i zwrotnicznych.

Na ruchliwych liniach każda zwrotnica winna być rozebrana, gruntownie oczyszczona, zrewidowana i doprowadzona do porządku w lecie co 12—15 dni, w zimie częściej n. p. co 7—9 dni; roboty te muszą być wykonywane w nocy, po zatrzymaniu ruchu. Zajmują się tem specjalne nocne brygady, złożone każda z 4 ludzi, (starszy ślusarz, pomocnik, dwu robotników). Brygada taka może zrewidować w ciągu jednej nocy średnio 12 — 18 zwrotnic.



Rys. 270.

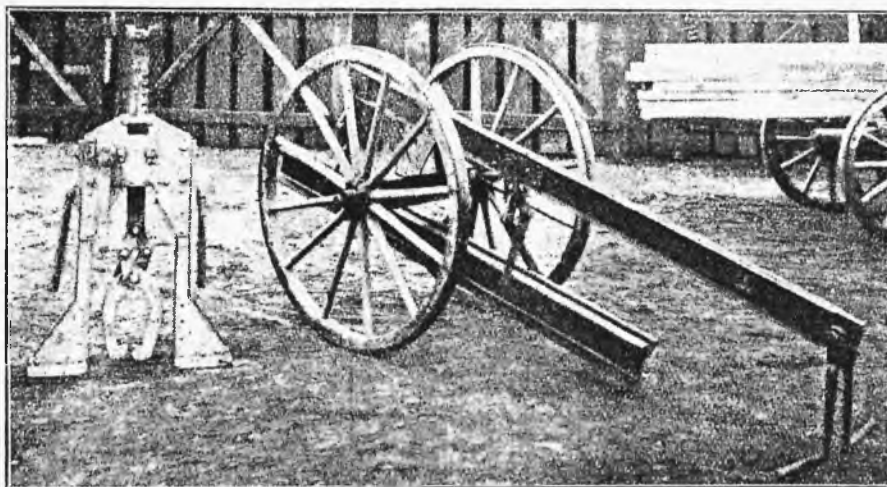
Zamianę klinów, dociąganie złączy, heblowanie wybitych złączy i t. p. załatwiają oddzielne brygady, złożone każda ze ślusarza, pomocnika i robotnika; brygada taka może normalnie obsłużyć 20 — 30 km. toru podwójnego.

W zimie, w czasie silnych śniegów i mrozów nie da się nigdy uniknąć ręcznego oczyszczenia torów i to pomimo chociażby najlepszych pługów i szczotek; ilość potrzebnych do tego ludzi nie da się oczywiście z góry określić. Załatwiają te roboty przeważnie dzienni najemnicy, pod dozorem obchodowych i dróżników.

Zaznaczyć tu należy wyraźnie, iż dane powyższe stosują się do torów ułożonych w większych miastach o intensywnym ruchu; przy słabszym ruchu, a zwłaszcza dla torów ułożonych na własnym torowisku, może być ilość pracowników znacznie mniejsza.

Główne narzędzia do obsługi torów widzimy na rys. 270-tym i 271-ym, a mianowicie: na rys. 270-ym przyrząd do cięcia szyn, przy pomocy którego dwu pracowników przecina szynę w przeciągu 15 minut, wiertarkę do wiercenia dziur w nóżce szyny, oraz hebel do zheblowywania szyn i złączy; na rys. 271-ym lewar do podnoszenia i wózek do przewożenia szyn.

Pozatem stosowane bywają i bardziej złożone maszyny i narzędzia, jako to heblarki i frezarki do zheblowywania falistych szyn i t. p., ewent. z elektrycznym napędem. Dróżnicy czyszczą szyny przy pomocy specjalnych radełek dopasowanych do profilu szyny oraz odpowiednich szczotek.



Rys. 271.

Do sprawdzania szerokości toru, oraz równości bruku między szynami, służą odpowiednie szablony.

Ponieważ znaczna część robót musi być wykonywana w nocy, przeto ważną bardzo rzeczą jest dobre oświetlenie. Oprócz różnego rodzaju kagańców i pochodni stosowane tu bywa również i oświetlenie elektryczne. Służy do tego 5—6 żarówek połączonych w szereg i osadzonych we wspólnym płaskim reflektorze; reflektor przymocowany jest do tyki bambusowej. Jeden z zacisków żarówek łączy się z hakiem na końcu tyki, drugi przez bezpiecznik i wyłącznik z giętym przewodnikiem izolowanym, zakończonym rodzajem klina. Tykę zawieszają hakiem na drucie roboczym, klin zaś wbija w rowek szyny. Przyrząd taki, stanowi doskonały i tani sposób oświetlenia.

## ROZDZIAŁ XXIII.

# T a b o r.

**1. Utrzymanie taboru.** Roboty, jakie w czasie eksploatacji muszą być dokonywane przy wozach, dadzą się podzielić na dwie kategorie, a mianowicie: normalne, codzienne rewizje wozów, czyszczenie ich i drobne reperacje z jednej strony i gruntowne rewizje i reperacje, oraz odnowienia i przeróbki z drugiej strony. Roboty te dokonywane bywają w wozowniach i warsztatach, przyczem podział robót między wozownie a warsztaty zależny jest od przyjętego w danej eksploatacji centralizacyjnego lub decentralizacyjnego systemu.

Wobec wielkiej różnorodności budowy wozów i różności warunków eksploatacyjnych, nie dadzą się zestawić żadne ogólne normy i dane co do potrzebnej częstości tych robót i rewizji. Ograniczymy się przeto do przytoczenia tylko przykładu organizacji robót w tramwajach miejskich warszawskich (przed wojną). Wobec doskonałych osiągniętych tam wyników tak pod względem trwałości poszczególnych części wozów, jako też i zużycia pracy, można organizację tę uważać za zupełnie dobrą i odpowiednią.

Większość robót w wozowniach musi być wykonywana w nocy, pomiędzy godziną 12-tą, kiedy wozy do wozowni powracają zaczynają, a godziną 6-tą rano, kiedy pierwsze wozy wychodzą na miasto; w dzień pozostaje w wozowni zaledwie pare wozów zapasowych. Pracownicy remizowi podzieleni są wobec tego na trzy zmiany pracujące: 1) od 8-mej wieczór do 8-mej rano z dwugodzinną przerwą na posiłek; 2) od 11-tej w nocy do 10-tej rano z godzinną przerwą i 3) od 8-mej rano do 8-ej wieczór z dwugodzinną przerwą. W ten sposób w remizach znajduje się między 11-tą w nocy a 10-tą rano największa ilość pracowników (dwie zmiany).

Wozy zjeżdżające do wozowni spotyka przed wozownią, u wjazdu, majster lub starszy ślusarz, któremu motorniczowie winni meldować o wszelkich uszkodzeniach lub brakach danego wozu. Po pobieżnym obejrzeniu wozu skierowuje go majster na odpowiedni tor. Motorniczy, wjechawszy nad dół rewizyjny zatrzymuje wóz we wskazanem mu miejscu i tu zdaje go ślusarzom.

W dołach czekają na nadjeżdżające wozy brygady po dwu ludzi każda; brygady te oglądają podwozia i hamulce, regulując je (dają t. z. „zapas“), poczem wóz przesuwa się dalej w głąb wozowni, ustępując miejsca nowo nadchodzącym wozom. Jeżeli doły rewizyjne ciągną się wzdłuż całej wozowni, to wóz może odrazu stanąć na swem miejscu



i nie potrzeba go powtórnie przesuwac, rewizja zaś podwozi i hamulców może się odbywać wolniej i spokojniej; w przeciwnym razie musi ona być zrobiona tak szybko, aby nie zatrzymywać dalszych wozów. Jeżeli n. p. wozownia ma 7 torów z dołami na 5 wozów każdy, wozy zaś nadchodzą średnio co 2 minuty, to doły będą zajęte po upływie 70 minut, poczem już musi być co 2 minuty spychany wóz już zrewidowany, gdyż inaczej dalsze wozy nie mogłyby wjeżdżać.

W głębi wozowni jeden ślusarz rewiduje dachy wozów, a zatem wyłączniki, odgromniki, pałaki i ślizgacze, podczas kiedy inny otwiera i starannie oczyszcza regulatory. Każdy regulator bywa czyszczony w lecie codziennie, w zimie co drugi dzień. Równocześnie inny robotnik wyciąga knoty z łożysk motorowych, aby oliwa bez potrzeby nie spływała. Oddzielna wreszcie brygada ogląda szczegółowo pudła, drzwi, okna i t. p., sprawdza światło i t. d.

Gruntownem oczyszczeniem wozów, obmyciem podwozia, wymieceniem podłogi, oczyszczeniem pudła, wyczyszczeniem części miedzianych i t. d. zajmują się czyszciciele; jeden czyszciciel winien w nocy oporządzić 3—4 wozów.

Poza taką codzienną rewizją bywają w wozowniach dokonywane następujące roboty:

1) Zmiana klocków hamulcowych. Kłoczek hamulcowy z twardego odlewu powinien wytrzymać, w zależności od twardości materiału i pogody, (przy wilgotnej pogodzie mniej, przy pięknej, suchej, więcej) 3000—6000 kilometrów. Ponieważ elektrowóz przebiega dziennie około 150 km., przeto klocki muszą być zmieniane co 20—40 dni. Klocki zbyt miękkie zbyt szybko ścierają tak, iż t. zw. „zapas“ nie wystarcza nawet na dzień i hamulce muszą być w ciągu dnia przeregulowywane; zbyt twarde znowu są również nieporządane, gdyż zbyt szybko ścierają obręcze.

2) Smarowanie ślizgaczy, a w razie potrzeby, odpowiednie ich spłowywanie, wreszcie zmiana zbyt startych i zastąpienie ich nowymi. Ślizgacz aluminiowy wytrzymuje w Warszawie średnio 35000 kilom., w innych eksploatacjach średnio 20000—30000 kilom.

3) Wyważanie pałaków, t. j. regulowanie siły, z jaką ślizgacz przylega do drutu roboczego. Siła ta winna wynosić w Warszawie 10—11 funtów. Wyważanie odbywa się co 8 dni w ten sposób, iż do pałaka przyczepia się ciężarek 10 funtów poczem reguluje się sprężynę pałaka tak, aby ciężar ten utrzymywał pałak w równowadze.

4) Razem z regulowaniem pałaków odbywa się oglądanie szczotek i kolektorów.

5) Raz na miesiąc otwiera się maźnice osiowe i napełnia je świeżym smarem.

6) Naprawa drobnych uszkodzeń.

Wszelkie inne roboty wykonywane bywają wyłącznie w warsztatach głównych, do których dany wóz bywa w tym celu odstawiony. Niezależnie od naprawy różnych poważniejszych uszkodzeń lub wymiany przedwcześnie zużytych części, dokonywa się w warsztatach raz do roku gruntownej rewizji całego wozu.

W tym celu zdejmuje się pudło z podwozia i rozbiera i gruntownie oczyszcza motory, wszelkie śruby ogląda i ewent. dociąga; sprawdza się izolację, a w razie potrzeby wyjmuje przewody, rozbiera i oczyszcza regulatory, dopasowuje palce kontaktowe, względnie wymienia nadpalone; wyjmuje się i oczyszcza przekładnie, czyli koła zębate, a następnie napenia ich pudło świeżym smarem, przeczyszcza i przeregulowuje wyłączniki maksymalne i t. d. W razie potrzeby przemaalowuje się i odlakierowuje wóz na nowo.

Gruntowna rewizja elektrowozu, włącznie z przemaalowaniem wymaga zwykle około 2 tygodni czasu; aby więc przerewidować w ciągu roku 100 wozów, należy stale mieć 4 wozy w rewizji. Poza to również i roboty remizowe, zmiana klocków, wyważanie pałaków i t. d. wymagają przetrzymywania wozów conajmniej przez parę godzin w remizach tak, iż należy liczyć, że conajmniej 6—7% ogólnej ilości wozów musi się znajdować w rewizji, nie może zatem być w ruchu. Niezależnie od tego należy mieć zawsze w każdej wozowni choć parę wozów zapasowych, któreby mogły zastąpić ewent. zjeżdżające skutkiem uszkodzeń. Ostatecznie więc należy zawsze liczyć 8—12% wozów ponad ilość znajdujących się normalnie w ruchu. Zapas ten może być wyzyskany w niedziele i święta dla wzmocnienia ruchu w razie potrzeby.

Ilość pracowników niezbędnych dla utrzymania wozów bywa nader rozmaita. W Warszawie pracowało w wozowniach i warsztatach razem przy utrzymaniu 200 wozów motorowych i 60 doczepnych 220 ludzi, co licząc jeden wóz doczepny jako  $\frac{1}{2}$  motorowego czyni 0,96 ludzi na wóz. W Piotrogradzie przy 385 wozach motorowych i 183 doczepnych pracowało 943 ludzi, czyli 1,98 ludzi na wóz.

**2. Trwałość materiałów.** Obręcze kół 60—70 mm. grube wytrzymują średnio na torze normalnym około 100000 km., na torze wązkim, metrowym 85000 km., w Warszawie 95000 km.

Kolektory muszą być obtaczane po przejechaniu 100000—200000 km., w Warszawie 180000 km., przytem ich średnica zmniejsza się o około 3 mm.

Dane, zebrane przez Międzynarodowy Związek Tramwajów i Kolei dojazdowych, wykazują, iż średnie trwałości wynoszą:

Dla kół zębatach dużych przy linjach poziomych 170000—240000 km., dla kół zębatach małych 60000—70000 km., spadając przy linjach górzystych do 75000—100000 km., względnie 50000—60000 km. Dla

panewek twornikowych 25000—35000 km., dla panewek motorowych 45000—65000 km. Przy bardzo dobrym materiale i starannem obrobieniu mogą jednak być trwałości kół zębatych znacznie większe; tak n. p. małe koła w Warszawie wytrzymały około 240000 km.

**3. Pomiary.** Mierzenie izolacji urządzeń wozowych musi być wykonane przy każdej rewizji głównej, oraz oczywiście w razie podejrzenia, iż izolacja ta jest wadliwa, w razie n. p. niczem pozornie nie usprawiedliwionego wyskakiwania automatu wozowego. Po odłączeniu przewodu uziemiającego i odciągnięciu od drutu roboczego zbieracza prądu, można, przy pomocy silnego induktora z dzwonkiem lub galwanoskopem, sprawdzić pobieżnie łączną izolację wszystkich przewodów i przyrządów w wozie; regulator naturalnie winien być przytem wyłączony. W razie wykrycia wadliwej izolacji, można odpowiedniemi przełączaniem regulatora, odejmowaniem szczotek, lub wreszcie odłączeniem przewodów w regulatorze zlokalizować uszkodzenie i wykryć jego miejsce. Jeżeli jednak induktor nie wskaże żadnego błędu, to nie jest to jeszcze dowodem, iż izolacja jest dobra, gdyż może się łatwo zdarzyć, że błąd występuje dopiero przy wyższem napięciu, podczas kiedy przy niższem nic się zauważyć nie daje. Należy przeto koniecznie pomiar powtórzyć przy wyższem napięciu, conajmniej równem normalnemu napięciu linii; służy do tego voltomierz ze skalą omową. Jeszcze lepiej jest mierzyć przy napięciu jeszcze wyższem, n. p. podwójnem; napięcie takie można otrzymać przy pomocy małej przetwornicy.

Jakto już widzieliśmy, trzeba koniecznie posiadać dokładną charakterystykę używanych motorów, gdyż tylko na podstawie takiej charakterystyki można ściślej obliczyć zużycie pracy, badać zachowanie się motorów w czasie eksploatacji, określić możliwe obciążenie, a zatem bez szkody dla motorów dopuszczalną wagę pociągów itd. itd. Dokładna charakterystyka jest również niezbędna dla określenia oporu trakcji, a przy pomocy tego oporu, stanu szyn i elektrowozów. Fabryki, dostarczające motory, niezawsze jednak takie charakterystyki posiadają; bardzo często zadowolają się one charakterystyką teoretyczną, obliczoną, korygując conajwyżej obliczenia zdjęciem paru punktów przy pełnem lub prawie pełnem obciążeniu. Charakterystyki, podawane w katalogach, grzeszą przeważnie małą dokładnością i w żadnym razie bez sprawdzenia za podstawę do obliczeń służyć nie mogą.

Jest więc bardzo pożądane dla każdej poważniejszej eksploatacji móżdż u siebie wykreślić taką charakterystykę, względnie podaną sprawdzić.

Wykresy motorów można wyznaczać w dwojaki sposób, mianowicie mechaniczny i elektryczny.

Sposób mechaniczny polega na mierzeniu mechanicznem momentu obrotu za pomocą hamulca. Na osi motoru osadza się tarczę hamulcową i obciąża hamulec już to ciężarami, już to sprężyną (dynamometrem), poczem puszcza się motor w ruch, regulując napięcie prądu tak, aby ciężary były utrzymywane w równowadze. Mierzy się przytem tak napięcie prądu, jak ilość obrotów oraz napięcie na zaciskach motoru. Znając długość ramienia hamulca, łatwo obliczyć pracę mechaniczną; ampery i volty dają pracę elektryczną, iloraz zaś obu wyraża współczynnik sprawności przy danem obciążeniu. Jeżeli hamulec osadzony jest na osi motoru, to otrzymujemy współczynnik sprawności samego motoru. Osadzając hamulec na osi dużego koła zębatego, otrzymać można współczynnik sprawności motoru wraz z przekładnią, a z ilorazu obu współczynników samej przekładni.

Metoda ta, dająca przy starannem wykonaniu dość dokładne rezultaty przy znacznych obciążeniach, dla mniejszych obciążeń jest bardzo trudna, a często zupełnie niemożliwa; utrzymanie ciężarów w równowadze przy dużej ilości obrotów i małym obciążeniu jest prawie niemożliwe; idzie tu w najlepszym wypadku o krótkie chwile względnej równowagi, przy których o dokładnem odczytaniu różnych wchodzących w grę wartości mowy być nie może. Poza tem prowadzenie powyższych doświadczeń jest dość kłopotliwe, gdyż trzeba każdorazowo osadzać tarczę hamulcową.

Co do metod elektrycznych, to jest ich dużo od najściślejszych, laboratoryjnych, stosowanych do pomiarów wielkich prądnic i silników i polegających na oddzielnem wymierzeniu i obliczeniu poszczególnych strat, jako to: tarcia w łożyskach, oporu powietrza, histerezy, strat omowych, strat magnetycznych i t. d., aż do najbardziej uproszczonych.

Opisywanie takich skomplikowanych i ścisłych metod wychodziłoby już zupełnie poza ramy niniejszego dzieła, przytoczymy więc tu tylko parę bardziej uproszczonych i dla praktyki eksploatacyjnej zdalniejszych.

Najprostszy sposób polega na zastosowaniu zamiast hamulca mechanicznego drugiego silnika, napędzanego przez silnik, który zamierzamy wypróbować. Silnik pierwszy pracuje jako prądnica. Oba silniki ustawia się na stojaku probierczym, opisanym już na str. 10—11. Obciążenie zmienia się przez regulowanie oporów, włączonych w obwód silnika, pracującego jako prądnica.

Niech  $I_1$  będzie napięcie prądu, zużytego przez silnik  $M_1$ , rys. 272-gi, odczytane na amperomierzu  $A_1$ ,  $I_2$  napięcie prądu, oddane przez silnik  $M_2$ , pracujący jako prądnica, i odczytane na amperomierzu  $A_2$ ,  $E_1$  napięcie na zaciskach silnika  $M_1$  (napięcie sieci), odczytane na voltomierzu  $V_1$ ,  $E_2$  napięcie na zaciskach  $M_2$  na voltomierzu  $V_2$ .

Spółczynnik sprawności całego zespołu  $\eta$  jest:

$$\eta = \frac{E_2 \cdot I_1}{E_1 \cdot I_1}.$$

Jeżeli współczynnik sprawności silników  $M_1$  i  $M_2$  wraz z przekładniami oznaczymy przez  $\eta_1$ , względnie  $\eta_2$ , to:

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2.$$

Przyjmując  $\eta_1 = \eta_2$ , otrzymamy:

$$\eta_1 = \eta_2 = \sqrt{\eta} = \sqrt{\frac{E_2 \cdot I_2}{E_1 \cdot I_1}}.$$

Przyjmując  $\eta_1 = \eta_2$  popełniamy przy większych obciążeniach niewielki tylko błąd. Tak n. p. widzimy z wykresu motoru tramwajowego rys. 26-ty, tom I-szy str. 58, iż natężeniu prądu 50 amp. odpowiada współczynnik sprawności bez przekładni 0,87, a zatem z przekładnią około 0,85.

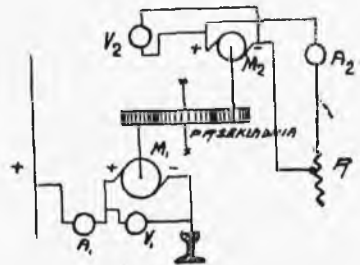
Jeśli  $\eta_1$  było równe  $\eta_2$  to  $\eta_1 \eta_2 = 0,7225$ . Przy napięciu 550 voltów do  $M_1$  doprowadzono  $I_1 \cdot E_1 = 27500$  watów, pracujący więc jako prądnicą silnik  $M_2$  musiałby oddać  $I_2 \cdot E_2 = 0,7225 \cdot 27500$ , okrągło licząc 19870 watów. Napięcie  $E_2$  będzie przytem bliskie wartości  $E_1$ ,

a zatem 550 voltów,  $I_2$  przeto wyniesie około 39,8 amp. Prądowi temu odpowiada na wykresie współczynnik sprawności  $\eta_2 = 0,875$  bez przekładni, a zatem około 0,855 z przekładnią; błąd jest więc rzeczywiście bardzo mały.

Postać rzeczy jednak zmienia się zupełnie, jeżeli pomiary przeprowadzamy przy małych obciążeniach. Przy  $I_1 = 15$  amp. n. p. jest  $\eta_1 = 0,83$ , względnie z przekładnią 0,81. Przy równości  $\eta_1 = \eta_2$  byłoby  $\eta = 0,656$ , a zatem  $I_2$  około 11 amp., temu prądowi jednak odpowiada  $\eta_2 = 0,775$ , względnie z przekładnią 0,755. Błąd jest tu już bardzo poważny i czyni zastosowanie tej metody do małych obciążeń zupełnie niemożliwym.

Zupełnie ściśle wyniki i to przy wszelkich obciążeniach otrzymamy, stosując jako  $M_2$  silnik, którego wykresy jako prądnicę są dokładnie już znane; w takim razie, znając dla każdego obciążenia dokładną wartość  $\eta_2$ , łatwo wyliczyć odpowiednią wartość  $\eta_1$ .

W braku takiego wywzorcowanego silnika można dokładniejsze rezultaty otrzymywać stosując metodę M. Hutschinsona.



Rys. 272.

Silniki zmontowane jak poprzednio na spólnym stojaku, łączy się tak, aby prąd  $I_1$  silnika  $M_1$  przechodził przez uzwojenia magnesów  $m_2$  silnika  $M_2$ , rys. 273-ci.

Nazwijmy :

$I_1$  = prąd w silniku  $M_1$  na amperomierzu  $A_1$ ,

$I_2$  = prąd w silniku  $M_2$  na amperomierzu  $A_2$ ,

$E$  = napięcie w sieci, voltomierz  $V$ ,

$W_1 = W_2$  oraz  $w_1 = w_2 =$  opory tworników, względnie uzwojeń magnesów silników  $M_1$  i  $M_2$ .

Siły elektrodźwcowe w obu twornikach będą oczywiście wobec jednakowej ilości obrotów i jednakowego wzbudzenia równe, a mianowicie :

$$E_1 = E_2 = E - (W + w) \cdot I_1.$$

Moc elektryczna w  $M_1$  wynosi  $I_1 \cdot E_1$  zaś w  $M_2 = I_2 \cdot E_2 = I_2 \cdot E_1$ .

Jeżeli przyjmijemy, iż straty spowodowane tarciami, histeresą, prądami Foucault'a i t. d. są w obu twornikach równe, to moc na wspólnym wale będzie średnią z tych wartości t. j.:

$$\frac{E_1 (I_1 + I_2)}{2} = \left[ E - (W + w) I_1 \right] \left( \frac{I_1 + I_2}{2} \right),$$

ponieważ zaś silnik  $M_1$  zużył  $I_1 \cdot E$ , przeto otrzymuje się :

$$\begin{aligned} \eta_1 &= \frac{[E - (W + w) I_1] \cdot (I_1 + I_2)}{2 \cdot E \cdot I_1} = \\ &= \frac{1}{2} \left[ 1 + \frac{I_2}{I_1} - (I_1 + I_2) \frac{W + w}{E} \right]. \end{aligned}$$

Dla ścisłości wyników należy wartości oporów  $W$  i  $w$  mierzyć każdorazowo natychmiast po każdej próbie, a zatem przy tej temperaturze, przy jakiej próba została przeprowadzona, w przeciwnym bowiem razie otrzymanoby wartości nie odpowiadające rzeczywistości.

Ten sposób ma również swoje błędy. Przyjmuje się, że straty spowodowane przez histeresę i prądy Foucault'a są funkcją li tylko szybkości, podczas kiedy w rzeczywistości zmniejszenie  $I_2$  w porównaniu do  $I_1$  może te straty dość znacznie zmienić. Wyniki więc otrzymane tą metodą przy małych obciążeniach nie będą również zupełnie ścisłe.

Bardzo dokładną i dogodną jest metoda A. Blondel'a. Silniki  $M_1$  i  $M_2$ , rys. 274-ty, zmontowane jak poprzednio na stojaku napędza się

trzecim małym bocznikowym silnikiem, dokładnie wywzorcowanym. Silniki  $M_1$  i  $M_2$  łączy się szeregowo tak, aby siły elektromotoryczne były skierowane naprzeciw siebie, włączając w ten obwód dodatkowe źródło prądu, ewent. baterję akumulatorów o napięciu 80—100 voltów. Silnik  $M_3$  reguluje się przy pomocy opornika  $R_3$  tak, aby cały zespół biegł z szybkością równą szybkości silnika  $M_1$  przy danem obciążeniu. Szybkość ta musi być z poprzednich pomiarów znana. Natężenie prądu  $I$  (ze źródła pomocniczego, na rys. baterji  $B$ ) reguluje się przy pomocy opornika  $R_1$  tak, aby ono było równe natężeniu prądu, przy jakim chcemy mierzyć, któremu zatem odpowiada szybkość zespołu.

Mierząc natężenie prądu  $I_3$ , jakie bierze z sieci silnik  $M_3$  oraz napięcie sieci  $E$  i znając charakterystykę tego silnika, obliczamy łatwo pracę mechaniczną  $p$ , jaką on oddaje na wał silnika  $M_1$ . W braku charakterystyki silnika  $M_3$  można go połączyć z wałem  $M_1$  przy pomocy dynamometru, który w takim razie pokazuje bezpośrednio wartość  $p$ .

$I \cdot E_1$  jest równe stracie w obu silnikach  $M_1$  i  $M_2$ , spowodowanej ich oporami, przy czem  $E_1 =$  napięciu pomiędzy zewnętrznymi zaciskami obu silników (voltmierz  $V_1$ ), zaś  $p$  równe reszcie strat w silnikach.

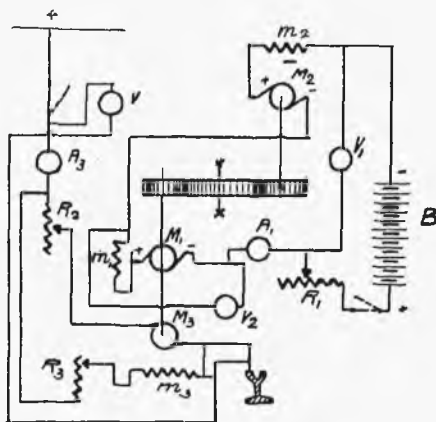
Jeżeli napięcie na zaciskach każdego z silników  $M_1$  i  $M_2$  oznaczymy przez  $E_2$  (voltmierz  $V_2$ ), to silnik  $M_1$  zużywa  $E_2 \cdot I$ , a oddaje na wspólny wał tę samą moc, zmniejszoną o połowę strat, a zatem:

$$E_2 \cdot I - \frac{E \cdot I}{2} = \frac{p}{2}.$$

Szukany współczynnik sprawności:

$$\eta = 1 - \frac{E \cdot I + p}{2 \cdot E_1 \cdot I}.$$

Powyższa metoda pozwala również łatwo rozdzielić poszczególne straty,  $\frac{E \cdot I}{2}$  daje straty joul'owskie. Napędzając silniki z tą samą szybkością, przy przerwaniu obwodu, a zatem przy  $I = 0$ , silnik  $M_3$  oddawać będzie na wał  $M_1$  moc, równą stratom spowodowanym przez



Rys. 274.

tarcie w łożyskach i przekładni oraz opór powietrza. Odejmując obie te straty od  $\frac{p}{2}$  pozostaną straty na histerezę i prądy Foucault'a:

$$\frac{p}{2} - \left( \frac{p_1}{2} + \frac{E \cdot I}{2} \right).$$

W braku odpowiedniego silnika  $M_3$ , można stosować wreszcie metodę pośrednią M. Swinburna i M. Hausmana.

Przeznaczony do wypróbowania silnik wzbudza się oddzielnie, przepuszczając przez uzwojenia magnesów prąd  $I$  równy prądowi, którym chcemy przeprowadzić pomiary, potem puszcza się go w ruch bez obciążenia. Potrzebny na to prąd  $i$  przepływający przez twornik będzie oczywiście znacznie mniejszy od  $I$ ; normalne przeto napięcie na zaciskach silnika  $E$  musi być zmniejszone do:

$$E - W \cdot (I - i), \text{ gdzie } W = \text{opór twornika.}$$

Moc zużyta przy biegu luźnym (bez obciążenia), bez strat joulewskich jest:

$$p = (E - W \cdot I) i.$$

Niech  $w =$  oporowi uzwojeń magnetycznych, wtedy szukany współczynnik sprawności:

$$\eta = \frac{E \cdot I - W \cdot I^2 - p}{E \cdot I + w \cdot i^2}.$$

Nie uwzględnia się przytem reakcji twornika, która straty nieco powiększa; otrzymane przeto rezultaty nie są zupełnie ścisłe.

## ROZDZIAŁ XXIV.

### Dział handlowo - administracyjny.

Zakres działalności tego wydziału stanowi rachunkowość, zamówienie i dostawa potrzebnych dla eksploatacji materiałów, płatności i wypłaty, magazyn główny materiałów zapasowych i t. d. Wszystko to wychodzi nie tylko poza ramy niniejszego dzieła, ale wogóle poza ramy nauk technicznych, stanowiąc część nauk handlowo - buchalteryjnych. Niemniej jednak praktyka tramwajowa posiada szereg odrębnych cech, o których wspomnieć wypada.

Tak n. p. Międzynarodowy Związek Tramwajów i Kolei dojazdowych opracował szemat rachunkowości, a raczej podziału wydatków na poszczególne rachunki, polecając gorąco stowarzyszonym eksploatacjom przyjęcie tego szematu, a to w celu ułatwienia porównywania wyników





eksploatacyjnych. Wezwaniu temu zadośćuczyniła większość stowarzyszonych eksploatacji tak, że szemat ten jest obecnie prawie ogólnie przyjęty.

System cały polega na podziale dziesiętnym w ten sposób, iż każdy z głównych działów, elektrownia, ruch, sieć i t. d. otrzymuje swój numer, od 1 do 10. Każdy z działów dzieli znowu swe wydatki na działy, numerując je również od 1 do 10 tak, iż n. p. elektrownia oznaczona Nr. 1 oznacza, dajmy na to, rozchody na materiał opałowy Nr. 11, obsługę maszyn Nr. 12 i t. d.

Działy te dzielą się w razie potrzeby znowuż na drobniejsze, oznaczane także numerami od 1 do 10. Jeżeli n. p. ruch ma Nr. 2, płace służby Nr. 3, a płace kontrolerów Nr. 5, to odnośny rachunek będzie miał Nr. 235.

Dla porównania dochodowości poszczególnych eksploatacji wprowadzono ogólnie t. z. „Spółczynnik eksploatacyjny“. Spółczynnik ten jestto stosunek dochodów do rozchodów wyrażony w procentach.

Koszta eksploatacyjne są naturalnie w zależności od miejscowych warunków rzeczą nader zmienną. Jako przykład podajemy powyżej nieco odnośnych danych, zaznaczając jednak, iż posługiwać się nimi należy z wielką ostrożnością i używać ich raczej tylko jako porównania wzajemnego stosunku, gdyż odnoszą się wszystkie do czasów przedwojennych.

## ROZDZIAŁ XXV.

# K o l e j e.

**1. Uwagi ogólne.** Eksploatacja kolei głównych, a przeważnie i dojazdowych, zwłaszcza o ile te ostatnie mają także ruch towarowy, różni się tak dalece od eksploatacji tramwajów i kolejek podmiejskich bez ruchu towarowego, że dane co do organizacji eksploatacji, podane w poprzednich rozdziałach, do nich stosować się nie mogą. Odpowiadając zupełnie innym zadaniom i pracując w zupełnie odmiennych warunkach, muszą takie eksploatacje mieć również i zupełnie inną organizację. Jeżeli porównamy eksploatację kolei elektrycznej z eksploatacją kolei parowej, to widzimy, że jedyna różnica polega na zastąpieniu siły motorycznej inną; pozatem wszystko inne pozostaje niezmienione, eksploatacja więc musi się opierać na tych samych zasadach organizacyjnych. Zasady te, zresztą różne w różnych krajach i inne n. p. na kolejach państwowych, jak na prywatnych, są wszędzie zupełnie już ustalone i podlegają przeważnie ścisłym przepisom prawnym. Opisywanie ich tu wychodziłoby zupełnie poza ramy dzieła, wkraczając już całkowicie w zakres nauki o kolejnictwie wogóle. Poprzestaniemy przeto na zwróceniu

uwagi na pare właściwości trakcji elektrycznej, odróżniających ją od trakcji parowej.

Mamy tu na myśli przede wszystkim rozkład jazdy, którego odpowiednie ułożenie może mieć bardzo wielki wpływ nietylko na koszta eksploatacyjne, ale także i na koszta urządzenia. Skoro tylko oznaczona została ilość par pociągów na dobę, to odstęp między nimi są dla trakcji parowej zupełnie obojętne, byleby tylko system sygnalizacyjny pozwalał na odpowiednią gęstość pociągów. Zupełnie inaczej przedstawia się ta sprawa przy trakcji elektrycznej; gęstość pociągów, czyli odległość między pociągami dążącymi w tym samym kierunku, wpływa bezpośrednio na moc podstacji, a zatem koszt urządzenia, oraz na ich współczynnik wyzyskania, a przez to i na koszt eksploatacji. Widzieliśmy już, że małymi przesunięciami pociągów da się nieraz znacznie polepszyć współczynnik wyzyskania elektrowni, a zatem obniżyć koszt prądu; to samo odnosi się i do poszczególnych podstacji.

Wyobraźmy sobie np., że na pewnej linii kolejowej, na której odległość między podstacjami wynosi 35 km., chodzić ma dziennie 24 pary pociągów ze średnią prędkością 45 km. g. Jeżeli pociągi te będą odchodziły w równych odstępach czasu, czyli co godzinę, to odległość między nimi wyniesie 45 km., a na odcinku zasilanym przez jedną podstację może się znajdować najwyżej dwa pociągi dążące w przeciwnych kierunkach. Jeżeli jednak w którejkolwiek chwili dnia ruch będzie zgęszczony tak, że pociągi będą odchodziły n. p. co 15 minut (w innych godzinach będzie ruch odpowiednio rzadszy), to odległość między nimi wyniesie już tylko 11,25 km., a na odcinku zasilanym z jednej podstacji będzie się mogło znaleźć 6 pociągów.

Zużycie energii pozostanie oczywiście to same, gdyż ilość zrobionych dziennie tonno-kilometrów nie zmieni się, natomiast moc podstacji będzie musiała być o wiele większa.

Współczynnik wyzyskania i sprawność średnia obniżą się znacznie, skutkiem czego zwiększy się rozchód energii.

Zupełnie równomierny rozkład jazdy nieda się w praktyce prawie nigdy osiągnąć, już chociażby skutkiem różnorodności pociągów; nie mniej jednak można zwykle w tym kierunku dużo zrobić bez żadnej szkody dla całokształtu eksploatacji.

Natomiast ułatwia znacznie ułożenie rozkładu jazdy ta okoliczność, że przebieg lokomotywy elektrycznej jest praktycznie prawie że nieograniczony. Przebieg parowozu wynosi najwyżej do 250 km. i to tylko dla parowozów pociągów pośpiesznych, poczem musi parowóz stać kilka godzin (czyszczenie rusztów i t. p.), należy więc koniecznie przewidzieć odpowiednie zmiany, parowozownie i t. p. Odpada to zupełnie przy lokomotywach elektrycznych, dla których dzienne przebiegi 500—600 km.

nie są bynajmniej rzadkością; na dłuższych linjach, gdzie lokomotywy mogą być należycie wykorzystane, dają się łatwo osiągnąć roczne przebiegi 150—180000 km.

Jak to już zaznaczyliśmy, nie są jeszcze doświadczenia kolei elektrycznych ani dostatecznie liczne, ani dość długie, aby pozwalały na opracowanie jakich zasadniczych norm trwałości poszczególnych części urządzeń, sposobów utrzymania lokomotyw, periodyczności robót i prac eksploatacyjnych i t. d. Wyniki otrzymane na różnych kolejach i sposoby tam stosowane są tak bardzo różne, że nie pozostaje nic innego, jak przytoczyć tu szereg tych wyników otrzymanych w praktyce, pozostawiając projektującemu wybór metod najbardziej odpowiadających warunkom, w jakich pracować ma projektowana kolej.

**2. Zużycie energii, obciążenie elektrowni, straty, współczynniki sprawności i t. d.** Szereg bardzo ciekawych prób i pomiarów dokonano na kolei loetschbergskiej, wiodącej z Bern przez Thun i tunel loetschbergski do Brieg, gdzie łączy się z linią Simplonką. Linja ta, o ogólnej długości 106 km., ma charakter wybitnie górzisty; wzniesienia dochodzą do 27‰. Elektryfikacja wykonana została prądem zmiennym jednofazowym o 15 okresach; napięcie robocze wynosi 16000 voltów. Lokomotywy są w porównaniu do wagi pociągów anormalnie ciężkie, stanowią bowiem 50—60% wagi pociągów; wpływa to oczywiście bardzo niekorzystnie na zużycie energii, które jest tu anormalnie wielkie.

Pomiary wykazały, że współczynnik „k“, zwiększający masę lokomotywy skutkiem działania mas rotacyjnych, jest bardzo duży i dosięga wartości 1,37—1,42. Da się to wytłómaczyć tem, że lokomotywy mają wielkie i wysoko osadzone motory.

Opór trakcji dwu różnych typów lokomotyw określono dwoma metodami, a mianowicie metodą biegu z rozpędu i bezpośrednimi pomiarami dynamometrycznymi, ciągnąc jedną lokomotywę drugą. Otrzymane w ten sposób wyniki włączają opór powietrza oraz tarcie w panewkach motorów, straty w przekładni i t. d. Metoda dynamometryczna dała naogół nieco mniejsze wartości oporów, co daje się łatwo wytłómaczyć mniejszym oporem powietrza ciągniętej lokomotywy. Jako średnie wartości otrzymano dla lokomotywy typu  $C + C$  6,35 kg. przy prędkości 47,4 km.g. i 6,15 kg. przy prędkości 46,5 km.g., a dla lokomotywy typu  $1 - E - 1$  6,45 kg. przy prędkości 47,75 km.g.

Ponieważ przekrój lokomotywy  $C + C$  wynosi 8,6 m<sup>2</sup>. przeto wynosiły jej współczynnik oporu trakcji, obliczony podług wzoru Franka, przy prędkości 50 km.g.:

$$2,5 + 0,0142 \left( \frac{50}{10} \right)^2 + 0,54 \cdot 1,1 \cdot 8,6 \left( \frac{50}{10} \right)^2 = 4,26 \text{ kg.}$$

Ponieważ straty w motorach wynosiły 2,32 kg. na tonnę, przeto bezpośrednie pomiary dały 4,13 kg., a zatem wynik zupełnie zgodny ze wzorem.

Jako średnie współczynniki sprawności wymierzono:

1) Od zbieracza prądu do obwodu kół pędnych 0,775 dla pociągów pośpiesznych i 0,787 dla pociągów osobowych.

2) Od szyn zbiorczych na elektrowni do obwodu kół pędnych 0,674. Współczynnik mocy lokomotyw wynosił średnio 0,93.

Współczynnik mocy ogólny wynosi 0,7 — 0,85 w zależności od obciążenia; średnie obciążenie elektrowni wynosiło 2020—2300 kw., maksymalne 7560—8330 kw. Straty w linii wysokiego napięcia wyniosły 6,6%, współczynnik wyzyskania elektrowni około 0,19.

Jako średnie za 4 lata od roku 1914 do 1918 otrzymano następujące zużycia energii, mierzone w punktach zasilających po stronie wysokiego napięcia:

Na tonno-kilometr ogólny 47,9 wt.g., ciągniony 74,2 wt.g., ciągniony gospodarczy 33,4 wt.g.

**Koleje państwowe włoskie** używają prądu zmiennego trójfazowego 16 okresów o napięciu roboczym 3400—3700 voltów. Na około 450 km. zelektryfikowanych linii, o charakterze przeważnie górzystym, skonstatowano zużycie 30 wt.g. na tonno-kilometr ciągniony gospodarczy, mierzonych na podstacjach po stronie wysokiego napięcia.

Na kolei **Dessau-Bitterfelde**, zelektryfikowanej prądem zmiennym jednofazowym 16<sup>2</sup>/<sub>3</sub> okresów 16000 voltów wymierzono w punktach zasilających następujące zużycia energii:

29,4 wt.g. na tn.km. ciągniony dla pociągów osobowych i 16,5 dla pociągów towarowych. Linja ma charakter równinny, pociągi ciężkie, prędkości znaczne.

**Kolej New York New Haven and Hartford** używa prądu zmiennego jednofazowego 25 okresów o napięciu roboczym 12000 voltów. Długość linii wynosi około 150 km., wzniesienia nie przekraczają 4‰, ruch tak osobowy jak i towarowy bardzo silny, pociągi ciężkie, prędkości duże do 100 km.g. W roku 1918 wyniosło zużycie energii mierzone na elektrowni na tonno-kilometr ciągniony rzeczywisty:

Dla pociągów pośpiesznych 31,5 wt.g., osobowych 55,5 wt.g., towarowych 21,4 wt.g., pociągów podmiejskich złożonych z wagonów [motorowych i doczepnych 44,2 wt.g. (na tn.k. ogólny), średnio dla wszystkich pociągów 27,3 wt.g.

W czerwcu 1919 r. wymierzono: dla pociągów pośpiesznych, osobowych i podmiejskich średnio 33,9 wt.g., towarowych 16,7 wt.g., średnio dla wszystkich pociągów 27,6 wt.g. Straty w sieci roboczej wynoszą 7,4 — 8‰, współczynnik wyzyskania elektrowni 0,456. Przy średnim dziennym obciążeniu 16300 kw. wynosi maksimum godzinne 34600 kw.

Najdłuższa dotychczas zelektryfikowana kolej **Chicago Milwaukee and St. Paul** o długości przeszło 1000 km. używa prądu stałego o napięciu roboczym 3000 voltów.

Linja ma charakter górzysty ze wzniesieniami dochodzącymi do 22‰. Pociągi są bardzo ciężkie (na mniej górzystych odcinkach do 4500 ton), prędkości znaczne do 100 km.g., ruch średni. Lokomotywy mają urządzenia do odzyskiwania energii.

Zużycie energii mierzone na podstacjach po stronie prądu zmiennego wynosiło w roku 1917 na tonno-kilometr ciągniony rzeczywisty:

Dla pociągów osobowych 36,2 wt.g., towarowych 22,6 wt.g., średnio dla wszystkich pociągów 24,5 wt.g. W roku 1918 wynosiło zużycie: dla pociągów osobowych 35,7 wt.g., towarowych 24,1 wt.g., średnio dla wszystkich pociągów 25,9 wt.g.

Straty w sieci roboczej i zasilającej oraz podstacjach, a zatem od zbieraczy prądu do szyn zbiorczych wysokiego napięcia podstacji, wynoszą średnio około 35–40‰. Spółczynnik wyzyskania elektrowni jest bardzo wysoki i osiąga 0,65.

Kolej międzymiastowa **Kolonja-Bonn** ma ogólną długość 28,3 km., z czego 6,3 km. na ulicach miast, reszta na torowisku własnym. Ruch elektryczny wyłącznie osobowy, pociągi składają się z wagonów motorowych i doczepnych, prędkości do 70 km.g. wzniesienia nieznaczne, prąd stały, 1000 voltów wytwarzany bezpośrednio we własnej elektrowni. Zużycie energii mierzone na elektrowni wynosi 50 wt.g. na tonno-kilometr.

Dokładne obliczenia przeprowadzone dla linii Warszawa-Kraków wskazują, że w razie wprowadzenia tam trakcji elektrycznej należy oczekiwać następujących zużyć energii, mierzonych na podstacjach po stronie wysokiego napięcia:

Dla pociągów pośpiesznych, osobowych i miejscowych średnio 42 wt.g., dla pociągów towarowych 22,5 wt.g., średnio dla wszystkich pociągów 27,7 wt.g. na tonno kilometr ciągniony rzeczywisty.

**3. Dzienny i roczny przebieg lokomotyw, rewizje, utrzymanie.** Na kolei loetschbergskiej wynosi średni roczny przebieg lokomotywy 40000 km., mógłby być jednak znacznie większy, gdyż dzienny dochodzi do 400 km.

Każda lokomotywa podlega codziennie lekkiej rewizji na linii, do czego potrzeba 4 ludzi. Raz na miesiąc rewiduje się lokomotywy w remizie, na co potrzeba paru godzin, raz na cztery miesiące przeprowadza się rewizję trwającą cały dzień; raz na rok obtacza się kolektory, nastawia i reguluje łożyska i t. d., co wymaga 10–15 dni. Raz wreszcie na 3 lata odbywa się gruntowna rewizja z zupełnym rozebraniem lokomotywy na części; rewizja taka wymaga 6–8 tygodni.

W warsztatach, obsługujących 14 lokomotyw elektrycznych, 3 wagony motorowe i 12 parowozów, pracuje 65 ludzi. Przy utrzymaniu sieci pracuje stale 12 ludzi. Koszt roczny utrzymania lokomotywy wynosi około 5% jej wartości.

Na kolejach **włoskich** podlegają lokomotywy lekkiej rewizji, trwającej jeden dzień, co 10 dni, a pozatem raz do roku rewizji gruntowniejszej, trwającej około 10 dni. Co dwa lata odbywa się gruntowna rewizja, trwająca 4-6 tygodni. Dzienny przebieg lokomotywy dochodzi do 500 km.; średnio zastępuje 7 lokomotyw elektrycznych 10 parowozów. Utrzymanie lokomotyw kosztuje rocznie około 4% ich wartości.

Drut roboczy wytrzymuje na linjach o silnym ruchu (100 pociągów dziennie) około 180000 przejazdów; ślizgacze brązowe wytrzymują 3500—4000 km. Koszt utrzymania sieci i podstacji wynosi około 3% ich wartości.

Lokomotywy kolei **Great Central** (prąd stały 600 voltów, trzecia szyna) podlegają codziennie lekkiej rewizji na linii, a pozatem gruntowniejszej po przejechaniu 4800—5800 km. Rewizja generalna odbywa się tylko w razie potrzeby.

Średni przebieg roczny lokomotywy wynosi około 40000 km., wagonu motorowego 39000 km. Kolej posiada 73 lokomotywy pośpieszne i 241 wagonów motorowych dla ruchu podmiejskiego. W warsztatach pracuje stale 103 ludzi, a pozatem przy rewizjach na linii 18 ludzi. Kolektory wymagają obtoczenia raz na trzy lata, ślizgacze łyżwowych zbieraczy prądu wymagają zmiany po przejechaniu około 20000 km. Obręcze kół pędnych bywają obtaczane po 130—160000 km. i wytrzymują trzykrotne obtoczenie. Koła zębate przekładni nie bywają zmieniane z powodu starcia, stają się jednak kruche i łamią się po 5—6 latach pracy. Koszt utrzymania lokomotyw wynosił w roku 1918 4,69 cent. na lokomotywo-kilometr.

Trzecia szyna perjodycznych robót przy jej utrzymaniu nie wymaga. Przy naprawie uszkodzeń pracuje stale 4 ludzi (415 km. torów). Koszt utrzymania trzeciej szyny wynosił przed wojną około 42 dolarów na kilometr linii głównej i 64 dolary na kilometr torów stacyjnych.

Lokomotywy osobowe kolei **New York New Haven and Hartford** robią rocznie 115000 km., towarowe 48—55000 km. Każda lokomotywa podlega lekkiej rewizji, trwającej dzień, po zrobieniu 3200 km.; każda 5-ta rewizja jest gruntowniejsza i trwa również dzień, zatrudniając jednak więcej ludzi. Po przejechaniu 150000 km. odbywa się rewizja gruntowna, trwająca miesiąc. Przy utrzymaniu 110 lokomotyw, 27 wagonów motorowych i 46 doczepnych pracuje w warsztatach 450 ludzi. Kolektory wymagają obtoczenia po przejechaniu 120000—160000 km., obręcze kół po przejechaniu 80000 km.. Obręcz wytrzymuje 3 obtoczenia, wystarcza zatem na 240000 km. Panewki wałów drążonych wytrzymują

około 125000 km., panewki motorów 45 — 50000 km. Koszt utrzymania lokomotyw wynosił w roku 1919 około 15 cent. na lokomotywo-kilometr.

Przy utrzymaniu sieci (149 km. linii, przeszło 462 km. torów) pracuje 90 ludzi. Koszt wynosił w roku 1918 269 dolarów na kilometr linii, względnie 55 dol. na kilometr torów.

Średni roczny przebieg lokomotywy kolei **Butte, Anaconda and Pacific** (prąd stały 2400 voltów) wynosi 35—40000 km. Kolektory nie były obtaczane w przeciągu 5 lat, szczotki węglowe wytrzymują około 40000 km., małe koła zębate 150—160000 km., duże 450000 km. Wałki zbieraczy prądu wymagają zmiany po 95—100000 km. Obręcze kół pędnych bywają obtaczane po przejechaniu 40000 km. Koszt utrzymania lokomotyw wynosił w roku 1919 około 8,7 cent. na lokomotywo-kilometr. Utrzymanie sieci roboczej (zawieszenie łańcuchowe, słupy drewniane) kosztowało 85 dol. na kil.

Lokomotywy kolei **Chicago Milwaukee and St. Paul** (prąd stały 3000 voltów) podlegają lekkiej, jednogodzinnej rewizji na stacjach krańcowych po każdym kursie, t. j. po przejechaniu 715 km. Rewizję tę przeprowadza 4 ludzi. Po przejechaniu 4800 km. odbywa się gruntowniejsza rewizja, trwająca 3 godziny (w warsztatach), a po przejechaniu 10000 km. dla lokomotyw towarowych i 160000 km. dla lokomotyw osobowych, generalna rewizja, trwająca 2—3 tygodni. Średni roczny przebieg lokomotywy towarowej wynosi 96000 km., osobowej 161000 km.

W warsztatach, obsługujących 46 lokomotyw, pracuje 71 ludzi, a pozatem przy rewizjach na linii 18 ludzi. Kolektory motorów nie były obtaczane w przeciągu 4 lat, koła zębate przekładni nie były również zmieniane. Starcie szczotek węglowych wynosi około 1 mm. na 10000 km. Szyny miedziane na zbieraczach prądu wytrzymują średnio 16000 km. Panewki motorów bywają wylwane co 3 miesiące. Utrzymanie lokomotyw kosztowało w roku 1918 średnio 5,51 cent. na 1000 tn. km. ciągnionych, co stanowi około 4,5% ich kosztu. Przy utrzymaniu 715 kilometrów sieci pracuje 13 ludzi. Utrzymanie to kosztowało 240 dol. na kilometr, utrzymanie słupów drewnianych 74 dol. na kilometr. Jedna lokomotywa elektryczna zastępuje w ruchu osobowym 2, a w ruchu towarowym 3,7 parowozów.

Kolej międzymiastowa **Kolonja—Bonn** miała przed wojną 21 wagonów motorowych i 19 doczepnych. W warsztatach pracowało 67 ludzi. Ślizgacze aluminiowe wytrzymywały 15000 km., koła zębate małe 60000 km., duże 180000 km. Panewki motorów od strony koła zębatego są zmieniane po przebiegu 30000 km., od strony kolektora 90000 km.

Przy utrzymaniu sieci pracuje 11 ludzi; starcie drutu roboczego wynosiło po 6 latach eksploatacji 1 mm. w średnicy.

---



WYCIĄG Z PRZEPISÓW DLA SŁUŻBY RUCHU  
TRAMWAJÓW MIEJSKICH W WARSZAWIE.

---

C Z Ę Ś Ó II.

**Wysz k o l e n i e.**

---

**Pierwsza szkoła.**

W pierwszej szkole kandydaci obznajmają się z niniejszymi przepisami dla pracowników Tramwajów Miejskich oraz urządzeniami wagonu i sposobami posługiwania się nimi. Nauka odbywa się pod kierunkiem instruktorów dwa razy dziennie, a mianowicie od 9-ej do 1-ej i od 3-ej do 7-ej wieczorem.

Oprócz wykładów w sali instrukcyjnej, instruktorzy obznajmają kandydatów z urządzeniami wagonów z początku w remizie na wagonach bez prądu, następnie zaś na wagonie szkolnym, którym wyjeżdżają na miasto. Po tym pierwszym wyjeździe na miasto ustają ćwiczenia na wagonie w remizie, natomiast kandydaci otrzymują kartki na praktykę do motorniczych względnie konduktorów I-ej klasy i jeżdżą z nimi cztery godziny dziennie; przez pozostałe cztery godziny kandydaci słuchają wykładów w sali instrukcyjnej. Po ukończeniu szkoły uczniowie zdają egzamin ze znajomości przepisów i zostają wyznaczeni na praktykę do konduktorów, względnie motorniczych I-ej klasy.

**P r a k t y k a.**

Po zdaniu pierwszego egzaminu kandydaci zgłaszają się do swojego zawiadowcy, od którego otrzymują imienne upoważnienia do praktyki. Upoważnienia te są podpisane przez Starszego Instruktora, względnie Kontrolera, przyczem Zawiadowca wpisuje w nie zmianę w jakiej kandydat ma praktykować, numer wagonu i numer konduktora lub motorni-

czego, z którym kandydat ma jeździć i wszystkie te notatki zaopatruje swoim podpisem. Motorniczych i konduktorów wybiera Zawiadowca z listy tych, którzy mają prawo nauczania praktykantów.

Otrzymawszy upoważnienie praktykant winien się zgłosić w oznaczonej godzinie do wymienionego na upoważnieniu konduktora lub motorniczego i przedstawić mu upoważnienie. Konduktor lub motorniczy odbiera upoważnienie od praktykanta, a po skończeniu służby wpisuje w odpowiednich rubrykach swoje notatki, oraz uwagi co do postępów kandydata i jego zachowania się, podpisuje je, poczem osobiście zwraca upoważnienie zawiadowcy.

W czasie praktyki winien praktykant bezwzględnie słuchać motorniczego lub konduktora, i starać się wszelkimi siłami sumiennie i starannie wypełniać dane mu polecenia i wskazówki. W razie nieposłuszeństwa lub niewłaściwego zachowania się praktykanta, konduktor lub motorniczy mają prawo usunąć praktykanta z wagonu.

W czasie jazdy z praktykantem konduktor lub motorniczy winni udzielać mu potrzebnych wskazówek, robić uwagi i wogóle dołożyć wszelkich starań, aby powierzonego sobie praktykanta sumiennie i starannie wyuczyć.

Surowo jest wzbronione przyjmować na praktykę kandydatów bez upoważnienia, lub z nieściśle wypełnionem upoważnieniem.

### **Powtórna szkoła.**

W rok po zaliczeniu do służby stałej konduktorzy i motorniczowie przechodzą szkołę powtórna.

Szkoła ta polega na codziennych 2-godzinnych wykładach w sali instrukcyjnej, względnie na wyjazdach na szkolnych wagonach. Konduktorom i motorniczym przypomina się w tej szkole przepisy ogólne i techniczne, — wskazywane są sposoby oszczędzania prądu, pokazywany wpływ sposobu włączania na bieg wagonu i t. d.

---

## C Z Ę Ś Ó III.

# Opis techniczny urządzeń tramwajowych.

## ROZDZIAŁ I.

### Prąd elektryczny.

#### § 1.

#### W s t ę p.

Do poruszenia z miejsca jakiegokolwiek przedmiotu niezbędna jest zawsze pewna siła. Nie dość jednak posiadać tę siłę, należy ją jeszcze doprowadzić do poruszanego przedmiotu i sprzęgnąć ją z tym przedmiotem.

W tramwajach konnych poruszonym przedmiotem jest wagon, siłą poruszającą — koń. Chcąc poruszyć wagon, należy przedewszystkiem być w posiadaniu konia, następnie doprowadzić i zaprząć go, wreszcie kierować w ten sposób, żeby móc jechać prędzej lub wolniej, stawać lub ruszać z miejsca. W tramwajach elektrycznych stosujemy inną siłę, którą zwiemy prądem elektrycznym.

Przez zastosowanie tej nowej dla nas siły istota rzeczy zupełnie się nie zmieni: i tę siłę również należy wytworzyć, doprowadzić do wagonu, umieścić w nim takie maszyny, które pod działaniem tej siły, t. j. prądu elektrycznego obracałyby się i wprawiałyby w ruch koła wagonu, i wreszcie posiadać w wagonie przyrządy, za pomocą których można doprowadzać siłę naszą w większym lub mniejszym rozmiarze, lub też przerwać dopływ jej całkowicie — jednym słowem, przyrządy, za pomocą których można byłoby regulować tę siłę dowolnie w celu osiągnięcia szybszej lub powolniejszej jazdy, zatrzymania wagonu lub też ruszenia z miejsca.

Chcąc zapoznać się bliżej z urządzeniem tramwajów elektrycznych, należy zaznajomić się przedewszystkiem z prądem elektrycznym.

Prąd elektryczny nie działa bezpośrednio na nasze zmysły: nie widzimy go i nie słyszymy. Patrząc np. na drut tramwajowy na ulicy, nie wiemy, czy jest w nim prąd, czy też go niema. Drut „pod prądem” lub też bez prądu wygląda jednakowo i nie w nim się na oko nie zmienia, jednakże o obecności prądu możemy przekonać się bezpośrednio: wystarczy bowiem dotknąć się drutu, będącego pod prądem, aby otrzymać silniejsze lub słabsze uderzenie i dojść w ten sposób do wniosku, że drut znajduje się w stanie niezwykłym. Istotę prądu elektrycznego najłatwiej pojąć, porównywując jego działanie z innymi podobnymi zjawiskami:

Przypuśćmy, że otwieramy drzwi z silnie nagrzonej izby do zimnej sieni. Wiemy, że izba wkrótce się oziębi: ciepłe powietrze zacznie uchodzić górą przez otwarte drzwi do zimnej sieni, natomiast zimne powietrze będzie się wdzierać dołem. Ten ruch powietrza trwać będzie dopóty, dopóki temperatura w izbie i sieni się nie wyrówna. Jeżeli chcemy utrzymać to krążenie powietrza przez czas dłuższy, to musimy podtrzymywać działanie źródła ciepła — czyli, mówiąc prościej, musimy stałe palić w piecu w izbie. Z chwilą, kiedy ogień w piecu wygaśnie, usuniętą zostanie przyczyna powstawania ciepłego powietrza, a przez to samo zaniknie w krótkim czasie i skutek, t. j. ruch powietrza. Ruch powietrza regulować możemy przez większe lub mniejsze uchylenie drzwi, t. j. przez większe lub mniejsze ułatwienie mu drogi. Możemy również zupełnie wstrzymać ten ruch, zamykając drzwi.

Podobnie rzecz się ma z prądem elektrycznym: prąd zostaje wytwarzany w specjalnych maszynach elektrycznych, które stanowią źródło prądu. To miejsce maszyny, z którego prąd wypływa, nazywamy biegunem dodatnim, to miejsce zaś tejże maszyny, do którego prąd powraca, zwiemy biegunem ujemnym, różnicę zaś, jaka zachodzi pomiędzy obu biegunami maszyny elektrycznej z chwilą puszczenia jej w ruch, nazywamy napięciem prądu. Zależnie od ustroju, maszyny elektryczne mogą wytwarzać napięcie niskie, nieszkodliwe—lub też napięcie wysokie, bardzo niebezpieczne dla ciała ludzkiego.

Dla wytworzenia prądu nie wystarcza jednak pędzić maszynę i wytwarzać w niej napięcie, lecz należy oprócz tego dać prądowi możliwość przedostania się z bieguna dodatniego do bieguna ujemnego, czyli musimy utorować prądowi drogę, a to przez połączenie obu biegunów.

## § 2.

### Obwód elektryczny.

Do połączenia obu biegunów maszyny nie można używać dowolnych materiałów, gdyż jedne przepuszczają prąd lepiej, inne gorzej,

inne wreszcie nie przepuszczają go wcale. Do pierwszej grupy należą: węgiel i wogóle metale, w szczególności zaś miedź, do drugiej — ziemia, woda i ciało ludzkie, do ostatniej — guma, szkło, porcelana, drzewo, wełna i powietrze, o ile nie są mokre lub wilgotne. Pierwsza grupa materiałów znaną jest pod nazwą dobrych przewodników lub krócej przewodników, ostatnia — pod nazwą złych przewodników — lub izolatorów, lub wreszcie materiałów izolujących, t. j. odosobniających. Łącząc więc oba bieguny ciągłym przewodnikiem (najczęściej w postaci drutu) stwarzamy drogę dla prądu, czyli obwód elektryczny, nazwany tak dlatego, że prąd powraca zawsze do tego samego źródła, w którym został wytworzony. Jeżeli jednak przerwiemy obwód w jednym chociażby tylko miejscu, wprowadzając izolator bądź to w postaci warstwy powietrza, bądź też kawałka drzewa, to w tejże chwili prąd przestanie płynąć, ponieważ już niecałkowita droga jego będzie się składała z dobrego przewodnika. Obwód taki zwie się obwodem otwartym dla odróżnienia od poprzedniego, zwanego obwodem zamkniętym.

W każdym obwodzie rozróżniamy cztery zasadnicze części, przy czem zauważyć należy, że niekoniecznie cały obwód składać się musi z przewodników zrobionych z jednego i tego samego materiału. Części obwodu są:

- 1) źródło prądu, t. j. maszyny elektryczne, wytwarzające prąd,
- 2) przyrządy zużywające prąd dla celów praktycznych, a więc dla pędzenia maszyn lub wagonów, oświetlenia, ogrzewania i t. d.
- 3) przewodniki, łączące źródło prądu z powyższymi przyrządami, t. j. przewodniki doprowadzające i odprowadzające prąd i wreszcie
- 4) przyrządy pomocnicze, służące do otwierania i zamykania obwodu, jak również do regulowania siły prądu w obwodzie.

### § 3.

#### Opór elektryczny.

Jak wyżej wspomniano, rozmaite materiały przepuszczają prąd w rozmaitym stopniu, czyli inaczej mówiąc przeciwstawiają prądowi rozmaity opór. Opór przewodnika zależy jednak jeszcze i od jego kształtu; drut miedziany krótki i gruby będzie posiadał naprzykład znacznie mniejszy opór, niż długi i cienki drut, zrobiony z tego samego materiału. Z powyższego wynika bezpośrednio, że czem opór obwodu jest mniejszy, tem silniejszy będzie prąd, i naodwrot, czem opór będzie większy, tem prąd stanie się słabszym.

Ponieważ prąd przepływając przez przewodnik, nagrzewa go i to tem silniej, im trafia na znaczniejszy opór, więc ze względów bezpieczeństwa należy przewodnikom dać takie rozmiary, żeby się nadmiernie nie nagrzewały. Jeżeli jednak włączymy w obwód kawałek przewodnika o większym oporze, to nagrzejże on się przy tym samym prądzie bardziej, niż reszta obwodu, i powstałe stąd ciepło może być użyte do ogrzewania pomieszczenia, w którym ten przewodnik (np. piecyk elektryczny) został ustawiony, jeżeli zaś opór włączonego w obwód przewodnika jest bardzo znaczny, to nagrzanie tego miejsca obwodu będzie tak silne, że zacznie ono świecić. Na tej zasadzie polegają lampki elektryczne zwane żarówkami.

#### § 4.

### I z o l a c j a.

Co zajdzie, jeżeli prąd oprócz właściwego obwodu utworzy sobie uboczną jeszcze drogę? Oczywiście część prądu powróci tą drogą do źródła i ominie te przyrządy, które należało zasilać, powstanie stąd strata, gdyż należy wytworzyć więcej prądu, niż zachodzi tego rzeczywista potrzeba.

Wynika z tego, że jednym z pierwszych zadań byłoby uniemożliwić prądowi te uboczne drogi, izolując druty, to jest pokrywając je odosobniającymi materiałami. Jeżeli druty są przytwierdzone do ścian budynków lub też ułożone w ziemi, t. j. w wypadkach, kiedy są okrążone dobrymi przewodnikami prądu, należy je rzeczywiście pokryć warstwą gumy lub innego podobnego materiału. Wyjątek stanowią tylko przewodniki, odprowadzające prąd, na przykład szyny, które można ułożyć na ziemi bez specjalnej izolacji. W razie jeżeli druty zawieszane są nadziemnie, są one okrążone powietrzem — złym przewodnikiem elektryczności i dlatego nie zachodzi potrzeba oddzielnego ich izolowania, za wyjątkiem miejsc podwieszenia na słupach, drutach poprzecznych itd., które izolujemy stosując w tych miejscach wieszaki izolujące lub izolatory porcelanowe.

Może się zdarzyć, że uboczna droga prądu, powstała wskutek uszkodzenia przyrządów elektrycznych lub przewodników, lub wreszcie wskutek ich bezpośredniego zetknięcia, czyli tak zwanego krótkiego połączenia, przedstawia prądowi mniejszy opór, niż obwód właściwy, wtedy siła prądu może wzrosnąć niepomierne. W celu zapobieżenia temu należy włączyć w każdy obwód bezpiecznik albo też samoczynny wyłącznik, które to przyrządy ochraniają przewodniki od zbytniego nagrzania.

§ 5.

### W y ł ą c z a n i e.

Przy wyłączaniu prądu lub rozerwaniu obwodu, naprzykład wskutek odskoczenia pałaka od drutu roboczego, lub przejeżdżania wagonu przez zanieczyszczone miejsce szyn, w miejscu przerwy prądu, a więc w wyłączniku, pałaku, kołach wagonu, powstaje zawsze iskra, tem silniejsza, im prąd przed przerwą był silniejszy. Z tego powodu przy przerywaniu silnych prądów zaopatruje się przyrządy służące do otwierania obwodu w specjalne urządzenia, za pomocą których zapobiega się niszczeniu ich przez iskry.

§ 6.

### Wpływ prądu na ciało ludzkie.

Prąd elektryczny, szczególnie o wysokiem napięciu, działa bardzo silnie zarówno na ludzi, jak i na zwierzęta. **Należy przeto bezwarunkowo wystrzegać się zamknięcia swoim ciałem obwodu elektrycznego**, t. j. jednoczesnego dotknięcia się obu przewodników, połączonych z różnoimiennymi biegunami maszyny, gdyż można otrzymać nie tylko bardzo silne uderzenie, lecz boleśnie się poparzyć, a nawet nie jest wykluczona utrata życia.

§ 7.

### Elektryczność atmosferyczna.

Podczas burzy zbiera się w powietrzu elektryczność atmosferyczna. O ile owa tak zwana elektryczność atmosferyczna posiada dość siły, wówczas toruje sobie drogę do ziemi i powstaje chwilowy prąd. Podobnie zupełnie ma się rzecz z wydymanym pęcherzem: pęcherz pęknie, gdy tylko parcie powietrza wewnątrz pęcherza będzie dostateczne, i wtedy w jednej chwili zgęszczone powietrze połączy się z zewnętrznem. Chwilowy prąd elektryczny ma cokolwiek inne własności, niż prądy ciągłe, o których była mowa dotychczas. Podobnie jak człowiek silny skróci sobie drogę, idąc na przełaj bez drogi, podczas gdy słabszy człowiek wybierze dogodniejszą, lecz dłuższą drogę, tak i prąd chwilowy, dostawszy się do sieci tramwajowej, zamiast biec ku ziemi po obwodzie, spłynie krótszą lecz trudniejszą drogą, o ile takową napotka. Ponieważ tego rodzaju prądy są bardzo niebezpieczne zarówno dla ludzi, jak i motorów i przyrządów elektrycznych, więc w celu ich ochrony, urządza się w odpowiednich miejscach uboczne drogi, dostępne tylko dla tych prądów chwilowych. Taka uboczna droga łączy bezpośrednio sieć z ziemią za pośrednictwem odgromnika.

## ROZDZIAŁ II.

# Sieć tramwajowa.

### § 1.

#### **Elektrownia.**

Prąd elektryczny, służący do poruszania tramwajów miejskich w Warszawie, wytwarza własna Elektrownia, znajdująca się przy zbiegu ulic Przyokopowej i Grzybowskiej. Napięcie prądu na Elektrowni wynosi 600 volt.

### § 2.

#### **Kable zasilające.**

Z Elektrowni prąd elektryczny doprowadzony zostaje do sieci przewodników nadziemnych za pomocą podziemnych kabli zasilających. Kable te łączą się z siecią w ośmiu następujących punktach, zwanych punktami zasilającymi:

- 1) Na ulicy Aleksandrowskiej przy ulicy Targowej (na Pradze),
- 2) Na ulicy Miodowej Nr. 1/2 przy ulicy Senatorskiej,
- 3) W Alei Jerozolimskiej Nr. 54 przy ulicy Nowym Świecie,
- 4) Na ulicy Marszałkowskiej Nr. 104 przy ulicy Widok,
- 5) Na ulicy Granicznej Nr. 5/6 przy ulicy Grzybowskiej,
- 6) Na ulicy Leszno Nr. 32/33 obok kościoła Narodz. N. M. P.
- 7) Na ulicy Żelaznej Nr. 56/61 przy ulicy Grzybowskiej,
- 8) Na ulicy Przyokopowej przy Elektrowni.

Oprócz tych ośmiu punktów zasilających mamy jeszcze trzy, które wzmacniają punkty 3, 4 i 6. Punkty te, zwane punktami wzmacniającymi, znajdują się:

- 3a) W Alei Ujazdowskiej Nr. 1 przy ulicy Nowowiejskiej,
- 4a) Na ulicy Marszałkowskiej Nr. 40/43 przy placu Zbawiciela,
- 6a) Na ulicy Dzikiej Nr 13/24 przy ulicy Gęsiej.

We wszystkich powyższych punktach kable doprowadzone są do cokołów słupów tramwajowych i kończą się tam dwoma wyłącznikami dla każdego toru. Od tych wyłączników idą przewodniki izolowane i łączą się z przewodnikiem górnym po obu stronach przerywaczy sekcyjnych. Wskutek tego urządzenia można za pomocą wyłączników przerywać dopływ prądu zupełnie lub też puścić go w jedną lub drugą stronę przerywacza sekcyjnego.

**Manipulacje te są jednak dozwolone tylko specjalnie do tego upoważnionym pracownikom Wydziałów Ruchu i Sieci.**



§ 3.

**Sieć nadziemna.**

Nadziemna sieć przewodników służy do doprowadzania prądu do każdego wagonu motorowego, znajdującego się w dowolnym punkcie linii tramwajowych.

Sieć nadziemna znajduje się stale zarówno w dzień, jak i w nocy pod prądem.

Przewodnik górny albo drut roboczy, stanowiący sieć nadziemną, zrobiony jest z miedzi i ma przekrój w kształcie ósemki; jest on zawieszony albo na drutach poprzecznych, przymocowanych do słupów tramwajowych lub rozet ściennych, albo też do wysięgów, jak na przykład w Alejach Ujazdowskich, Jerozolimskich i na ulicy Aleksandrowskiej.

Zawieszenie drutu roboczego uskutecznione jest za pomocą wieżaków izolowanych—oprócz tego drut poprzeczny jest jeszcze powtórnie izolowany klamerką od słupa lub rozety.

Całkowita sieć nadziemna podzielona jest na osiem dzielnic, które są izolowane jedna od drugiej i z których każda stanowi oddzielną całość:

- I) Praska, zasilana przez kabel Nr. 1,
- II) Zamkowa, zasilana przez kabel Nr. 2,
- III) Belwederska, zasilana przez kable Nr. 3 i 3a,
- IV) Mokotowska, zasilana przez kable Nr. 4 i 4a,
- V) Śródmieście, zasilane przez kabel Nr. 5,
- VI) Muranowska, zasilana przez kable Nr. 6 i 6a,
- VII) Wolska wschodnia, zasilana przez kabel Nr. 7,
- VIII) Wolska zachodnia, zasilana przez kabel Nr. 8.

Sieć każdej dzielnicy dzieli się na uczestki, czyli sekcje, długości około 500 metrów. Sekcje te są oddzielone jedna od drugiej przerywaczami sekcyjnymi, zaopatrzonymi w wyłączniki, za pomocą których można sekcje dowolnie łączyć lub rozłączać.

Wyłączniki wszystkich przerywaczy sekcyjnych jednej dzielnicy są stale zamknięte, t. j. prąd przechodzi z jednej sekcji do drugiej. Natomiast przerywacze sekcyjne w punktach zasilających i na granicach oddzielnych dzielnic są stale otwarte.

Słupy, podtrzymujące przerywacze sekcyjne, oznaczone są odpowiednimi znakami, umieszczonymi pomiędzy cokołem i pierwszym pierścieniem słupa, a mianowicie:

- paski czerwone oznaczają punkty zasilające,
- paski czerwono-białe oznaczają przerywacze sekcyjne stale zamknięte,
- paski białe oznaczają przerywacze sekcyjne stale otwarte.

§ 4.

**Wyłączanie sekcji.**

W razie zachodzącej potrzeby służba wagonowa może wyłączyć każdą sekcję, z wyjątkiem sekcji, w których znajdują się punkty zasilające.

Powtórne zaś włączanie sekcji dozwolone jest tylko specjalnie do tej czynności upoważnionym pracownikom Wydziałów Ruchu i Sieci.

Do otwierania przerywaczy służą bosaki z trzciny bambusowej, zawieszane na widelkach na odpowiednich słupach i przytwierdzone do tychże za pomocą zamków. Zamki te otwierać można zwykłym kluczem wagonowym.

Otwieranie przerywaczy sekcyjnych dokonywa się w następujący sposób: po utworzeniu zamka zdejmuje się bosak z widelki i dłuższym końcem haczyka, umocowanym na końcu bosaka, zaczepia się o uszko wyłącznika, następnie podnosi się wyłącznik do góry, obracając około osi, aż do poziomego położenia; pozostawić wyłącznik w położeniu pionowym jest surowo wzbronione, gdyż może on opaść wskutek nieznacznego nawet wstrząśnienia sieci i wywołać wskutek tego ponowne połączenie sekcji, które zamierzono rozłączyć. Po wyłączeniu należy zawiesić bosak na swoim miejscu i zamknąć zamek.

W razie wypadku na prostej linii należy otworzyć przerywacze sekcyjne z obu stron miejsca i zawsze nad obu torami, czyli razem cztery przerywacze, nawet gdyby wypadek zdarzył się na jednym torze. W razie zaś potrzeby wyłączenia części sieci na rozjeździe, należy otworzyć wszystkie najbliższe przerywacze naokoło miejsca wypadku, również nad obu torami.

§ 5.

**Odgromniki linjowe.**

W celu ochrony sieci od elektryczności atmosferycznej (patrz Część III Rozdział I § 7) umieszczone są w każdej sekcji na słupach odgromniki linjowe. Odgromniki te składają się z dwóch rożków, odległość między którymi wynosi 5 milimetrów; jeden rożek jest połączony przewodnikiem izolowanym z drutem roboczym, drugi zaś drutem gołym z szynami, t. j. ziemią.

§ 6.

**Druty i siatki ochronne.**

W miejscach skrzyżowania sieci nadziemnej z przewodnikami prądu słabego, t. j. z drutami telefonicznymi i telegraficznymi, przeciągnięty jest dla zabezpieczenia ich ponad drutem roboczym w odległości 80 cen-

tymetrów drut ochronny, izolowany od drutu roboczego, lub też zawieszona jest siatka ochronna pod drutami prądu słabego.

Zarówno druty, jak i siatki ochronne są uziemiane, t. j. stale połączone z ziemią.

§ 7.

### Szyny i kable powrotne.

Z sieci nadziemnej prąd elektryczny dostaje się przez wagon do szyn, z szyn zaś — przez kable powrotne, ułożone w ziemi, wraca z powrotem do elektrowni (patrz Rozdział VI). Kable powrotne połączone są z szynami w następujących pięciu punktach miasta:

- 1) Na Nowym Zjeździe przy ulicy Dobrej,
- 2) W Alejach Jerozolimskich Nr. 54 przy ulicy Nowy Świat.
- 3) Na ulicy Granicznej Nr. 5/6.
- 4) Na ulicy Żelaznej Nr. 56/61.
- 5) Na ulicy Przyokopowej przy Elektrowni.

§ 8.

### Dotykanie się sieci nadziemnej.

Ponieważ ze względów praktycznych szyny tramwajowe nie są izolowane od ziemi, pamiętać należy, że jesteśmy stale połączeni z biegunem ujemnym. Wystarczy przeto dotknąć jakiegokolwiekbądź miejsca obwodu, połączonego z biegunem dodatnim, ażeby zamknąć ciałem swoim obwód elektryczny, a przez to uleść bardzo poważnym obrażeniom, nie wyłączając utraty życia (patrz Część III Rozdział I § 6). **Niewolno więc dotykać jednocześnie drutów roboczych i słupów, wysięgów, murów, drzew i t. p.**, ponieważ mają one bezpośrednie połączenie z ziemią. **Niewolno również jednocześnie dotykać z tychże powodów drutów roboczych i drutów ochronnych, wreszcie niewolno dotykać jednocześnie drutu roboczego i poprzecznego**, gdyż aczkolwiek są one od siebie izolowane, tem niemniej może się zdarzyć zepsucie izolacji.

Chcąc dotknąć się przewodnika, znajdującego się pod prądem, należy włożyć rękawice gumowe i stanąć na desce izolującej. W braku zaś rękawic można dotykać się drutu przez giuby i suchy gałgan, ubranie lub za pomocą kawałka suchego drzewa, ale z największą ostrożnością, stojąc w jaknajsuchszym miejscu, w żadnym zaś razie nie bezpośrednio na szynie. Jednym słowem należy starannie unikać dotykania się swym ciałem otaczających metalowych przedmiotów i gołych części ciała obok stojących osób. Kalosze gumowe, o ile są całe bez dziur i suche, doskonale zabezpieczają w tym wypadku.

ROZDZIAŁ III.

## Środki zapobiegawcze w razie zerwania się sieci i porażenia prądem.

§ 1.

### Zerwanie się drutu roboczego.

W razie zerwania drutu i zetknięcia się go z szynami lub wprost z ziemią, następuje przy silnym huku i trzasku i buchnięciu płomienia krótkie połączenie bieguna dodatniego z ujemnym. Przy krótkim połączeniu przepływa, jak wiemy, przez obwód niezmiernie silny prąd, wskutek czego na Elektrowni wyskakuje samoczynny wyłącznik i wyłącza natychmiast prąd w danej dzielnicy. **Bez względu jednak na to, dotykając się zerwanego drutu bez odpowiedniego zabezpieczenia się jest bezwarunkowo wzbronione**, na Elektrowni bowiem dyżurny dozorca przy tablicy rozdzielczej obowiązany jest próbować, czy mu się nie uda włączyć ponownie samoczynnego wyłącznika (automatu), gdyż nie wie, kiedy przyczyna wyskoczenia automatu zostanie usunięta. Może się więc z łatwością zdarzyć, że na Elektrowni próbują włączyć wyłącznik w chwili, kiedy chcemy dotknąć się zwisającego drutu i otrzymujemy wtedy silne uderzenie. Jeżeli zerwany drut wisi w powietrzu, nie dotykając ziemi, to nie wywołuje zjawisk, towarzyszących krótkiemu połączeniu. Jest on jednakże również niebezpieczny, albowiem znajduje się pod prądem i należy bacznie wystrzegać się dotykania takiego drutu gołymi rękoma.

W powyższych wypadkach służba linii winna natychmiast zamknąć dla ruchu pieszego i kołowego miejsce gdzie drut się zerwał, niedopuszczać do tego miejsca nikogo i zawiadomić służbę najbliższego wagonu, która wyłączy sekcję. Jeżeli jednak wypadek zerwania się drutu zajdzie w nocy, kiedy tramwaje nie kursują, to służba linii winna zawiadomić niezwłocznie Pogotowie tramwajowe drogą telefoniczną, wskazując dokładnie niejsce wypadku.

§ 2.

### Zerwanie się drutów prądu słabego.

Zerwany drut telegraficzny lub telefoniczny zazwyczaj upada na drut ochronny, lub siatkę i otrzymuje przez to połączenie z ziemią. Jeżeli jednak drut telegraficzny lub telefoniczny dotknie się przytem jednocześnie drutu roboczego, to następuje krótkie połączenie między

drutem roboczym, a uziemionym drutem ochronnym, wskutek czego łączący je zerwany drut przepala się i spada na ziemię.

Zerwany drut może przypadkowo zaczepić się o drut roboczy, nie dotykając ochronnego. W tym wypadku zerwany drut słabego prądu otrzymuje napięcie drutu roboczego i **dotykać się go jest również niebezpiecznie**, jak drutu roboczego. I w tych wypadkach służba linii powinna postąpić, jak wskazano w § 1.

### § 3.

#### **Zerwanie się drutu ochronnego lub siatki ochronnej.**

Ponieważ drut ochronny i siatka ochronna mają stałe połączenie z ziemią, roboczy zaś przewodnik znajduje się pod prądem, więc przy ich zetknięciu się powstaje krótkie połączenie przewodnika roboczego z ziemią, które pociąga za sobą wyskoczenie samoczynnych wyłączników (automatów) na Elektrowni, a bardzo często i przepalanie się drutów w miejscu ich zetknięcia.

**Dotykanie zerwanych drutów jest i w tym razie bardzo niebezpieczne**; należy więc i w tych wypadkach stosować się do przepisów, wymienionych w § 1.

### § 4.

#### **Zerwanie się drutów poprzecznych.**

Choć druty poprzeczne są od drutu roboczego odizolowane, jednakże może się zdarzyć w razie zerwania się drutu poprzecznego zetknięcie jego z przewodnikiem górnym, od którego w takim razie drut poprzeczny otrzyma prąd.

**Więc i w tych wypadkach należy przedsięwziąć środki ostrożności, przepisane w § 1.**

Zerwany drut od strony słupa nie przedstawia żadnego niebezpieczeństwa i można go śmiało dotykać.

### § 5.

#### **Ratowanie porażonych prądem.**

Jeżeli człowiek zetknął się z leżącym na ziemi lub zwisającym drutem, to chcąc go od tegoż uwolnić, należy starać się połączyć drut z szyną, stosując środki ostrożności wymienione w Rozdziale II § 8 i zważając, **aby mieć drut zawsze przed sobą**, a nie poza sobą lub nad głową. Należy przytem pamiętać, że łączenie zerwanego drutu z szyną jest dozwolone tylko wtedy, gdy idzie o ratunek porażonego.

Połączywszy drut z szyną, należy próbować odsunąć porażonego od drutu. Jeżeli porażony trzyma kurczowo drut w ręce, to trzeba odgiąć każdy palec oddzielnie.

W razie utraty przytomności przez porażonego należy, oprócz zawezwania Pogotowia tramwajowego, zawezwać również i Pogotowie ratunkowe (telefonu Nr. 369).

Zanim zaś Pogotowie ratunkowe przybędzie, należy rozpiąć te wszystkie części ubrania, które krępują oddychanie, jako to: kołnierzyk, spodnie, pasek i t. p.

Następnie należy położyć porażonego na wznak i podłożyć mu pod plecy poduszkę ze złożonego palta lub marynarki w ten sposób, aby głowa zwisała nieco niżej pleców.

Jeżeli porażony oddycha, trzeba go w tej pozycji pozostawić pod dozorem, aż do przyjazdu Pogotowia ratunkowego, przyczem nie wolno aż do chwili powrotu do przytomności wlewać mu do ust żadnych płynów.

Jeżeli porażony nie oddycha należy przedewszystkiem przekonać się, czy nie ma w ustach papierosa, sztucznych zębów, a o ile są — wyjąć je z ust; następnie należy zastosować sztuczne oddychanie w następujący sposób:

**1) jeżeli jest jeden ratujący:**

ukłęknać nad głową porażonego, ująć go za obie ręce poniżej łokcia i ciągnąć je tak ku sobie, aby się zeszyły nad głową porażonego; w tej pozycji zatrzymać ręce przez 2 do 3 sekund, poczem opuszczać ręce napowrót i przycisnąć łokcie porażonego do jego boków. Po upływie 2 do 3 sekund wyciągnąć napowrót ręce porażonego ponad jego głowę; wyciąganie rąk i przyciskanie łokci powtarzać regularnie i bez pośpiechu około 15 razy na minutę; aby uniknąć zbyt szybkich ruchów powoli wyciągać i opuszczać ręce porażonego, licząc podczas przerw 201!... 202!... 203!... 204!...

**2) jeżeli jest dwóch ratujących:**

każdy chwytą po jednej ręce porażonego i wykonywa jednocześnie ruchy wskazane w punkcie pierwszym.

Sztuczne oddychanie stosować należy tak długo, dopóki porażony nie zacznie normalnie oddychać, lub do chwili przyjazdu Pogotowia ratunkowego. Po powrocie porażonego do przytomności należy pozostawić go w spokoju w leżącej lub półleżącej pozycji, aż do nadjechania Pogotowia ratunkowego.

§ 6.

**Streszczenie.**

Dla łatwiejszego orjentowania się, poniżej streszczone są środki ostrożności, jakie należy przedsięwziąć w razie zerwania się drutu roboczego:

1) Ogrodzić natychmiast miejsce wypadku i zamknąć je dla ruchu pieszego i kołowego

2) Unikać zetknięcia ze zwisającym drutem i szynami.

3) Zawiadomić telefonicznie Pogotowie tramwajowe.

4) Polecić służbie tramwajowej wyłączyć prąd w danej sekcji.

Oprócz tego:

5) W razie porażenia człowieka prądem elektrycznym, odłączyć go od drutu i o ile stracił oddech, zastosować natychmiast sztuczne oddychanie bez przerwy, aż do chwili przybycia Pogotowia ratunkowego, które należy niezwłocznie zawiadomić telefonem Nr. 369.

Tylko przez ścisłe stosowanie się do wyżej wymienionych przepisów i gruntowne zrozumienie tychże można, nie narażając siebie i innych, nieść skutecznie pomoc w razie wypadków.

#### ROZDZIAŁ IV.

### Wagon motorowy.

#### § 1.

#### Ilość miejsc.

W wagonie motorowym znajduje się 40 miejsc: 24 siedzących i 16 stojących, nie licząc miejsc dla motorniczego i konduktora.

Z tych 40 miejsc przeznaczona jest połowa, t. j. 12 środkowych siedzących i 8 stojących na tylnym pomoście dla pasażerów I klasy, reszta zaś miejsc dla pasażerów II klasy.

#### § 2.

#### Części wagonu motorowego.

Wagon motorowy składa się z następujących 3-ch zasadniczych części:

1) pudła wagonowego z dwoma pomostami, oznaczonymi literami A i B,

2) podwozia z kołami, i

3) urządzenia elektrycznego, t. j. dwóch motorów i przyrządów, służących do doprowadzania i wyłączania prądu, jak również do regulowania szybkości biegu, zatrzymywania i hamowania wagonu.

#### § 3.

#### Pudło wagonowe.

Pudło wagonowe spoczywa na podwoziu względnie na 4 płaskich sprężynach.

W pudle wagonowym przy ścianie od strony pomostu A pod siedzeniem ustawiona jest zaplombowana skrzynka narzędziowa, zawierająca:

- rękawice gumowe,
- deskę izolującą,
- obciążki z izolowanymi rączkami,
- kabelek na wypadek wykolejenia,
- młotek,
- ściinak (mesel),
- piłkę ręczną,
- klucz do naśrubków,
- śrubokręt,
- 2 kliny żelazne do zwrotnic,
- sznurek,
- grzybek zapasowy do dzwonka nożnego,
- puszkę smaru,
- trzon do łączenia wagonów,
- lampkę żarową próbną,
- 2 lampki żarowe zapasowe,
- 2 korki bezpiecznikowe do światła,
- 2 świece do lamp zapasowych.

Na ścianach zawieszono są:

- 2 lampki do oświetlenia rezerwowego za pomocą świec stearynowych.

Na dachu umieszczone są:

- 2 chodniki drewniane do chodzenia po dachu,
- 2 czołowe tablice linjowe do przestawiania,
- 2 boczne tablice linjowe.

Na każdym daszku ochronnym znajduje się:

- szyldzik z napisem „niema miejsc” do obracania:

Pod dachem umieszczone są na każdym pomoście.

- dzwonek sygnałowy,
- rączka do przestawiania czołowych tablic linjowych.
- półeczka na cedułę konduktora.

Na każdym pomoście:

- drabinka do wchodzenia na dach,
- stopnie wagonowe,
- drzwiczki pomostowe,
- łańcuch z haczykiem do zamykania przedniego pomostu z prawej strony.

Do fartucha każdego pomostu są przytwierdzone:

- rączka piasecznicy,



wrzeciono hamulcowe z korbą, grzechotką i kółkiem wech-  
wytowym,  
haczyk do zabezpieczania korby hamulca ręcznego,  
drażek do przestawiania zwrotnic,  
taran, zabezpieczający wagon od uszkodzeń przy zderzeniach,  
W podłodze wagonu znajdują się:  
4 otwory dla piasecznic, zakryte przykrywkami,  
4 otwory dla motorów zakryte również przykrywkami.  
Na podłodze zaś każdego pomostu:  
piesek dla kółka wechwykowego hamulca ręcznego,  
grzybek dla dzwonka nożnego.  
Pod podłogą umocowane są:  
dzwonek nożny,  
piasecznice,  
łańcuch hamulcowy i dźwignia hamulcowa,  
zderzak, składający się z talerza, obsady ze sprężyną i gwoź-  
dzia do zagważdzenia.

#### § 4.

### **P o d w o z i e.**

Podwozie składa się:  
z ramy z poprzecznicami dla zawieszenia motorów,  
2 złożeń czyli osi z kołami, pierścieniami osadczymi i dużymi  
kołami zębatymi,  
maźnic osiowych z wysuwalnymi skrzynkami na smar, podusz-  
kami i kratkami,  
sprężyn,  
drewnianej ramy ochronnej i  
mechanizmu hamulcowego wraz z klockami.

#### § 5.

### **Urządzenie elektryczne.**

W pudle wagonowym znajduje się:  
6 lampek z kontaktami probierczymi,  
4 piecyki elektryczne,  
czasomierz.  
Na czołowej stronie pudła od strony A:  
2 bezpieczniki korkowe dla obwodów świetlnych,  
wyłącznik dla światła i  
przełącznik dla światła.

Na czołowej stronie pudła od strony B:

- 2 bezpieczniki korkowe dla obwodów ogrzewalnych i
- 2 wyłączniki (bez kluczy) dla ogrzewania.

Na dachu pośrodku przytwierdzony jest pałąk, odgromnik różkowy wraz ze zwojem indukcyjnym i przewodniki izolowane, przykryte listwą.

Nad pomostem A:

- wyłącznik samoczynny czyli automat,
- lampka numerowa,
- lampka sygnałowa,
- bezpiecznik główny dla światła i ogrzewania.

Nad pomostem B:

- wyłącznik główny czyli ręczny,
- lampka numerowa,
- lampka sygnałowa.

Pod dachem na każdym pomoście umieszczone są:

- kontakt łącznikowy dla oświetlenia wagonu przyczepnego,
- rączka automatu względnie wyłącznika ręcznego,
- lampka peronowa z kontaktem probierczym,
- 2 kontakty probiercze dla lampek numerowej i sygnałowej.

Na podłodze każdego pomostu ustawiony jest regulator.

Do fartucha każdego pomostu przytwierdzone są:

- lampka reflektorowa, bez kontaktu probierczego,
- kontakt łącznikowy dla hamulca magnesowego wagonu przyczepnego.

Pod podłogą wagonu umieszczone są:

- 4 oporniki,
- hamulec magnesowy,
- 2 kieszki kablowe.

Wreszcie na osiach wagonu osadzone są:

- 2 motory elektryczne.

## § 6.

### N a p i s y.

W pudle wagonowym na czołowej ścianie umieszczony jest numer wagonu; nad drzwiami umieszczona jest tabliczka z napisem „24 miejsca”, po bokach—tabliczki „nie palić” i „nie pluć na podłogę”. Na bocznych ścianach—przepisy obowiązujące i plan danej linii z podaniem jej numeru i sekcji.

Na dachu znajdują się:

- na latarniach numerowych — numer linii,

na tablicach czołowych — nazwa stacji krańcowej w kierunku jazdy,

na tablicach bocznych — numer i kierunek linii,  
na daszku — tabliczka z napisem „niema miejsce“.

Pod dachem:

napis „motorniczemu wzbroniono rozmawiać z pasażerami“,  
na bocznej ścianie wagonu napisy: „8 miejsc“, „to miejsce na tylnym pomoście przeznaczone jest wyłącznie dla konduktora“,

na drzwiczkach pomostowych — numer wagonu.

Na fartuchach pomostowych — godło Tramwajów Miejskich w Warszawie i numer wagonu.

Z boku wagonu — godło Tramwajów Miejskich w Warszawie, numer wagonu i napis „Surowo zabrania się wskakiwać i wyskakiwać z wagonu podczas ruchu“.

Oprócz tego na wagonach wynajętych, służbowych lub specjalnych — tablica z odpowiednim napisem.

## ROZDZIAŁ V.

# Opis przyrządów wagonu motorowego i sposób posługiwania się nimi.

### § 1.

#### P a ł ą k.

Dla doprowadzenia prądu z sieci nadziemnej do wagonu służy pałak, umieszczony na środku dachu.

Pałak składa się z ruchomej tarczowej obsady, do której przytwierdzona jest rama rurowa, zakończona u góry glinowym (aluminjowym) ślizgaczem; ślizgacz w górnej części zaopatrzony jest w żłobek, wypełniony smarem. Sprężyna, umocowana w obsadzie, przyciska z siłą 10 funtów ślizgacz pałaka do drutu roboczego, a zatrzask utrzymuje koło zatrzaskowe obsady, a tem samem i pałak, w należytem położeniu. Do pałaka przytwierdzona jest linka pałakowa, do zatrzasku zaś dwie linki zatrzaskowe prowadzące do obu pomostów.

**Pałak winien być bezwarunkowo pochylony w tył, a nie naprzód, t. j. ustawiony w taki sposób, aby wagon ciągnął go, nie pchał zaś przed sobą.** Wobec tego należy przy każdej zmianie kierunku jazdy przełożyć pałak, co uskutecznia się w sposób następujący:

Konduktor stojąc na tylnym pomoście (a nie zewnątrz wagonu), pociąga za linkę zatrząskową; wyłączwszy w ten sposób zatrząsk, winien zawiesić z powrotem linkę na haczyku; następnie odczepia linkę pałąkową i, schodząc z pomostu, przekłada pałąk na drugą stronę, prowadząc go, o ile możebne, od środka ulicy, a nie od strony chodnika. Przeprowadzając pałąk, konduktor winien trzymać go niezbyt wysoko ażeby nie zaczepić o przewodnik górny i niezbyt nisko, ażeby nie zawadzić o różki odgromnika wagonowego; przeprowadziwszy pałąk na właściwe miejsce, należy przejść na bok wagonu i pociągnąć bez zbyteńszego szarpania jeszcze raz za linkę, ażeby się przekonać, czy zatrząsk chwycił. koło zatrząskowe poczem linkę zawiesić na haku tak, aby jaknajmniej zwiślała nad pomostem.

Czynność tę należy wypełniać nadzwyczaj sumiennie, gdyż źle zatrzaśnięty pałąk może z łatwością wyskoczyć z zatrząsku i wtedy niechybnie zerwie lub przynajmniej uszkodzi sieć, a sam się pognie lub połamie.

## § 2.

### **Wyłącznik samoczynny (automat) i wyłącznik główny (ręczny).**

Wyłącznik samoczynny, albo krócej automat, umieszczony nad pomostem A, służy do zabezpieczenia motorów od przepalenia zbyt silnym prądem elektrycznym, mogącym powstać z powodu uszkodzenia przewodników i oporników, lub też wskutek zbyt szybkiego włączania regulatora (patrz Część III, Rozdział I § 5).

Wyłącznik ten jest zbudowany w ten sposób, że działa samoczynnie w każdym wypadku, kiedy siła prądu elektrycznego przekracza określoną normę; oprócz tego można wyłączać nim również prąd ręcznie.

Jeżeli wyłącznik samoczynny wyskoczy, należy go włączyć ponownie; jeżeli jednakże po trzykrotnych z rzędu próbach włączania wyłącznik wciąż wyskakuje, to należy zaniechać dalszych usiłowań. **W żadnym zaś razie niewolno przytrzymywać wyskakującego wyłącznika ręką.**

Wyłącznik główny, czyli ręczny, umieszczony nad pomostem B, służy do przerywania prądu w tych wypadkach, kiedy regulator wskutek zepsucia lub zatlenia się nie działa; wtedy motorniczy może posługiwać się również i samoczynnym wyłącznikiem, zależnie od tego, na którym pomoście jedzie. Rączki obu wyłączników wskazują, o ile są włączone — na „prąd”, o ile zaś wyłączone — na „0” tabliczek, umieszczonych pod dachem pomostu. Zabrania się włączać lub wyłączać wyłączniki przez uderzanie w rączkę, naprzykład korbą regulatora.

§ 3.

### Regulator.

Do regulowania dopływu prądu do motorów wagonu, a więc do regulowania szybkości jazdy, służy regulator. W każdym wagonie motorowym znajdują się dwa regulatory: na każdym pomoście jeden; nie mogą być one jednak używane jednocześnie.

Na górnej części regulatora umieszczona jest tarcza z liczbami, wewnątrz zaś znajdują się dwa walce z kontaktami, po których ślizgają się palce kontaktowe; jeden z tych walców zwie się głównym i wprowadzany jest w ruch korwą regulatora; drugi zaś zwie się walcem bocznym i wprowadzany jest w ruch rączką regulatora. Nad walcem głównym umocowany jest gaśnik iskier z kontaktami gaśnikowymi, do których przylega kontakt wędrowny, przytwierdzony do walca głównego.

Przez kręcenie korby regulatora w kierunku wskazówki zegara wyłącza się stopniowo oporniki i doprowadza się w ten sposób zwiększoną ilość prądu do motorów, a przez to powiększa się szybkość wagonu. Dla przekonania się, że włączanie kontaktów regulatora przy ruchu korby i walca głównego odbywa się prawidłowo, umieszczone są na tarczy regulatora napisy i liczby: na lewo od „0”, oznaczającego wyłączenie prądu, znajduje się słowo „jazda” i liczby 1, 2, 3, 4, następnie 5, 6, 7, 8, 9; na prawo zaś od „0” słowo „hamulec” i liczby 1, 2, 3, 4, 5.

Przy ruchu korby od „1” do „4” motory są połączone w szereg, t. j. jeden za drugim, i prąd przepływa kolejno przez oba motory, przy czem każdy zasilany jest prądem o połowie napięcia; wskutek tego wagon porusza się z umiarkowaną szybkością.

Przy ruchu korby od „5” do „9” motory są połączone równolegle, to znaczy, że prąd rozgałęzia się równocześnie do obu motorów, przy czem każdy motor zasilany jest prądem o pełnem napięciu i wagon porusza się z największą szybkością.

Przez obracanie rączki regulatora, a tym samym bocznego walca, doprowadza się do motorów prąd w kierunku, odpowiadającym kierunkowi ruchu wagonu. Odpowiednie położenia rączki oznaczone są na tarczy regulatora w następujący sposób: „stój”, „naprzód I i II”, „w tył I i II”, „naprzód I” i „naprzód II”. Używanie tych dwóch ostatnich stopni jest motorniczemu wzbronione.

Regulator jest tak urządzony, że zarówno korbę, jak i rączkę regulatora można zdejmować i nakładać jedynie, gdy prąd jest przerwany, t. j. gdy pierwsza stoi na „0”, druga na „Stój”, i oprócz tego korbę regulatora można tylko wtedy obracać, jeżeli rączka nie stoi na „stój”, rączkę zaś — gdy korba wskazuje na „0”.

§ 4.

**Włączanie regulatora.**

Dla ruszenia wagonem należy: włączyć (zamknąć) wyłącznik samoczynny (automat) oraz wyłącznik główny ręczny, ustawić rączkę regulatora na stopniu „Naprzód I i II” i obracać korbą regulatora w kierunku wskazówek zegara stopniowo od „0” do „4” lub „9”, gdyż do jazdy służą wyłącznie kontakty „4” i „9”. Kontakt „4” służy do powolnej jazdy najwyżej 12 kilometrów na godzinę na równej drodze, kontakt zaś „9” do szybszej jazdy. Inne kontakty są tylko przejściowe i **pod żadnym pozorem niewolno zatrzymywać się na nich przez czas dłuższy.**

Wszelkie ruchy korbą regulatora powinny być wykonywane szybko i dokładnie, ale przytem powinny następować po sobie w pewnych odstępach czasu, podanych w następnym paragrafie. Zatrzymanie się między dwoma kontaktami jest bezwarunkowo wzbronione: przeciwnie, należy zupełnie dokładnie trafiać na kontakty, gdyż inaczej może nastąpić uszkodzenie regulatora.

Włączać prąd, przechodząc z kontaktu „0” na kontakt „1” można tylko wtedy, gdy hamulec ręczny jest zluźwany i gdy linja jest wolna; również nie należy hamować wagonu, dopóki korba regulatora nie stoi na „0”. Wyjątek stanowi łączenie dwóch wagonów, gdy zachodzi potrzeba posunięcia wagonu o parę cali, oraz ruszanie pod górę (patrz § 17).

§ 5.

**Tempo włączania.**

Włączanie odbywać się powinno w następującym tempie: Motorniczy liczy półgłosem: „raz, dwa, trzy” i dopiero przechodzi na następny kontakt, na 4-tym zaś kontakcie zatrzymuje się tyle czasu, ile potrzeba do przeliczenia półgłosem: „1, 2, 3, 4, 5, 6”, następnie przechodzi na 9-ty kontakt, zatrzymując się na każdym pośrednim kontakcie, a więc na 5-tym, 6-tym, 7-mym i 8-mym tak długo, jak na pierwszych trzech:

Przy jeździe pod górę, przy jeździe z przyczepnym wagonem, jak również przy jeździe na łukach (zakrętach), wreszcie przy obślizgłych wskutek wilgoci szynach, należy na każdym przejściowym kontakcie zatrzymać się dłużej, niż przy jeździe na płaszczyźnie, na prostej linji, albo samym tylko motorowym wagonem.

Wogóle włączanie regulatora powinno następować w takim tempie, żeby nie dawały się odczuwać szarpnięcia wagonem.

Gdy tylko wagon osiągnie wymaganą szybkość, należy natychmiast prąd wyłączyć, aby uniknąć nadmiernego jej wzrośnięcia.

Jeżeli wagon znajduje się w biegu i prąd jest wyłączony, to można powtórnie włączyć regulator od razu na ten stopień, który odpowiada szybkości wagonu w danej chwili.

**Wzbronione jest zmniejszanie szybkości wagonu przez cofanie w tył korby regulatora.** Chcąc zmniejszyć szybkość wagonu, należy najprzód szybko cofnąć korbę na „0” i dopiero następnie przejść na odpowiedni kontakt.

Umiejętna i dobra jazda polega na jaknajmniejszym zużyciu prądu, a więc na unikaniu zbytecznego hamowania. Z tego wypływa, że ten motorniczy prowadzi najlepiej wagon, który dojeżdża do przystanku z najmniejszą szybkością bez użycia hamulca; poniżej będzie wskazane, że przytem można jednak dokładnie zachowywać rozkład jazdy.

Motorniczy powinien pamiętać, że każde użycie hamulca czy to ręcznego czy magnesowego powoduje zawsze stratę prądu, gdyż wskutek hamowania wagon nie zdołał przebiec tej przestrzeni, dla której wziął prąd z przewodnika górnego. Jeżeli wagon naprzykład dochodzi do przystanku z taką szybkością, która pozwoliłaby mu przebiec po równej drodze jeszcze 300 kroków poza przystanek, to przez hamowanie ginie bez pożytku prąd, który wystarczyłby na przejechanie tych właśnie 300 kroków i po wyruszeniu z przystanku należy znów wziąć prądu, by przejechać tę przestrzeń.

Oczywiście dla wyzyskania rozpędu wagonu przy dojeżdżaniu do przystanku, trzeba zużyć więcej czasu, niż jadąc ze znaczną szybkością i hamując gwałtownie i mogłoby się здаwać, że w pierwszym wypadku nie może być zachowany normalny rozkład jazdy. W rzeczywistości jednak tak nie jest, gdyż motorniczy może wyzyskać czas, ruszając szybko z przystanku i nie zatrzymując się dłużej, niż należy, na kontaktach 1, 2 i 3, jak również na kontaktach 5, 6, 7 i 8. W jaki sposób można przy umiejętnej jeździe zyskiwać na czasie, niech pouczy następujący przykład.

Na odległości 120 kroków przed stojącym na przystanku wagonem znajduje się zwrotnica, przez którą powinien wagon przejechać z szybkością przypuścmy 2 kroków na sekundę.

Zły motorniczy będzie jechał cały czas z prądem i osiągnie powyższą szybkość wagonu dopiero przed samą zwrotnicą; przejechał on tedy całą odległość 120 kroków ze średnią szybkością jednego kroku na sekundę; zużył więc na tę drogę 120 sekund. Dobry motorniczy będzie jechał w ten sposób, żeby wagon na odległości 30 kroków za przystankiem osiągnął szybkość 4 kroków na sekundę i potem przerwie prąd; wagon więc będzie biegł o własnym rozpędzie ze zmniejszającą się wciąż szybkością i dojedzie do zwrotnicy z żądaną szybkością dwóch kroków na sekundę. Na przejechanie pierwszych 30 kroków ze średnią

szybkością 2 kroków potrzeba będzie 15 sekund; następne 90 kroków przebiegnie wagon w 30 sekund, gdyż początkowa szybkość wynosi 4 kroki, końcowa zaś 2 kroki, średnia więc 3 kroki na sekundę; cała więc droga przejechaną zostanie w 45 sekund.

I jeden i drugi motorniczy przejechali przez zwrotnicę z tą samą szybkością 2-ch kroków na sekundę, bez użycia hamulca, jednakże dobry motorniczy zużył na to tylko 45 sekund, zły zaś 120, a więc pierwszy oszczędził  $1\frac{1}{4}$  minuty. Zyskany w ten sposób czas może on zużytkować później na to, aby na niebezpiecznych miejscach jechać dostatecznie wolno, jak również, aby wyzyskać rozpęd wagonu przy dojeżdżaniu do przystanków.

### § 6.

#### Wyłączanie regulatora.

Prąd wyłącza się przez szybkie przesunięcie korby regulatora na „0“.

### § 7.

#### C z a s o m i e r z.

Czasomierz umieszczony wewnątrz wagonu na czołowej ścianie nad drzwiami od pomostu „B“ jest to zwykły zegar, który jednak idzie tylko wtedy, kiedy regulator jest włączony, t. j. kiedy motory otrzymują prąd z sieci górnej. Skoro tylko motorniczy postawi korbę regulatora na „0“, a zatem przerwie dopływ prądu do motorów, to zegar natychmiast iść przestaje. Czasomierz zatem pokazuje, jak długo motorniczy jechał z prądem i służy do oceny umiejętności prowadzenia wagonu.

Motorniczy, któryby się nie stosował do wskazówek, podanych w § 5 i nadużywał hamulca, lub zbyt wolno włączał regulator, będzie znacznie dłużej jechał z prądem niż motorniczy, który umiejętnie i roztropnie zastosuje się do tych wskazówek, wyzyskując możliwie rozpęd wagonu i używając jaknajmniej hamulca.

Tak na przykład, wracając do poprzedniego przykładu, kiedy motorniczy ruszając od przystanku miał na 120 kroków przed sobą zwrotnicę, widzimy, iż czasomierz u złego motorniczego wskazywałby 120 sekund, t. j. 2 minuty (tyle bowiem czasu trzymał on regulator włączonym), u dobrego zaś tylko 15 sekund, t. j.  $\frac{1}{4}$  minuty, gdyż ten ostatni po przejechaniu pierwszych 30 kroków już regulator postawił na „0“. Różnica więc wskazówek czasomierza wyniesie już tu  $1\frac{3}{4}$  minuty, niezależnie zaś od tego dobry motorniczy, który zyskał  $1\frac{1}{4}$  minuty czasu wyłączy prąd dojeżdżając do następnego przystanku znacznie wcześniej i znowu zyska na czasomierzu.



§ 8.

**Odczytywanie czasomierza.**

Ponieważ czasomierz jest zaopatrzony w zwykłą godzinową i minutową podziałkę i ma odpowiednie dwie wskazówki — godzinową i minutową, odczytuje się więc jego wskazówki tak, jakby się odczytywało godzinę na zegarze. Różnica zaś odczytań przy objęciu i zdaniu wagonu wskazuje, jak długo motorniczy jechał z prądem. Jeśli na przykład czasomierz przy objęciu wagonu przez motorniczego wskazywał godzinę 12 minut 25, a przy zdaniu wagonu godzinę 2 minut 37, to znaczy, iż motorniczy jechał z prądem 2 godziny i 12 minut.

§ 9.

**Kiszki kablowe.**

Dla doprowadzenia prądu od regulatorów do motorów, oporników i hamulca magnesowego służą dwie kiszki kablowe, przytwierdzone do spodu pudła wagonowego. Każda kieszka kablowa składa się z pewnej ilości izolowanych przewodników, oplecionych wspólnie specjalną plecionką.

§ 10.

**O p o r n i k i.**

Pod pudłem wagonu motorowego znajdują się cztery komplety oporników, zrobionych z drutu, zwiniętego wężykowato.

Przez wyłączenie mniejszej lub większej ilości oporników z głównego obwodu za pomocą przesuwania korby regulatora po stopniach 1, 2, 3 lub 5, 6, 7, 8 wzmacnia się siłę prądu, a przez to zwiększa się szybkość motorów, a więc i wagonu.

Oporniki te służą nie tylko do regulowania siły prądu, branego dla jazdy z sieci nadziemnej, lecz również i dla regulowania prądu, wytwarzanego w motorach i używanego do hamowania za pomocą hamulca magnesowego (patrz § 14).

§ 11.

**Motory elektryczne.**

Wagon motorowy posiada dwa motory elektryczne, każdy o mocy 30 koni mechanicznych.

Każdy motor spoczywa z jednej strony na osi wagonowej w łożyskach motorowych, z drugiej zaś zawieszony jest na poprzecznicy

czyli belce poprzecznej, umocowanej za pomocą sprężyn wężykowatych na ramie podwozia.

Motor składa się z pudła stalowego, do którego przytwierdzone są wewnątrz cztery elektromagnesy czyli bieguny z cewkami; pomiędzy nimi obraca się pod wpływem prądu w łożyskach twornikowych tak zwany twornik.

Pudło złożone jest z dwóch części, po rozśrubowaniu których ma się swobodny dostęp do twornika. W górnej połowie pudła znajduje się otwór, zamykany klapą, przez który można się dostać do kolektora, nasadzonego na wał twornika i do szczotek węglowych; szczotki te są umieszczone w osadach, przytwierdzonych do wewnętrznej strony pudła; przylegają one mocno do kolektora pod działaniem sprężynek.

Po drugiej stronie wału twornika znajduje się trybik, który wprawia w ruch koło zębate, obsadzone na osi kół wagonu i w ten sposób porusza wagon.

Oba koła umieszczone są w osłonie, do której wprowadza się stały smar przez specjalny otwór, zamykany klapką; zarówno łożyska motorowe, jak i twornikowe smaruje się smarem ciekłym za pomocą knotów.

#### § 12.

### Odgromnik rożkowy.

Dla zabezpieczenia wagonu od działania elektryczności atmosferycznej (patrz Część III, Rozdział I § 7) umieszczony jest na środkowej części dachu wagonu motorowego odgromnik rożkowy z zezwojem indukcyjnym. Odgromnik wagonowy jest zupełnie podobnie zbudowany, jak odgromnik linjowy (patrz Część III, Rozdział II § 5).

Jeden z rożków odgromnika, znajdujący się po stronie zezwoju indukcyjnego, jest stale pod prądem, drugi zaś rożek, oddalony od pierwszego o 3 milimetry, jest uziemiony, wobec czego **jednoczesne dotknięcie obu rożków jest bardzo niebezpieczne**. Należy również wystrzegać się zawadzania pałką przy przekładaniu o odgromnik, gdyż można łatwo zgiąć rożki i spowodować przez to krótkie połączenie, które wywołuje wyskoczenie automatu na Elektrowni i przerwę prądu w całej dzielnicy.

#### § 13.

### Hamulec ręczny.

Mechanizm hamulcowy, umocowany na podwoziu, składa się z szeregu drążków, dwóch prętów ze ściągaczami do regulowania gry i czterech klocków hamulcowych, obsadzonych w trzewikach. Do hamowania służy korba hamulcowa, nasadzona na wrzeciono hamulcowe przy po-

mocy grzechotki; na dolnej części wrzeczona, przytwierdzonego do fartucha pomostowego, osadzone jest kółko wechwytowe, o które zahacza piesek; za pomocą łańcucha i dźwigni hamulcowej przenosi się ruch korby na mechanizm hamulcowy.

**Podczas jazdy piesek powinien stale przylegać do kółka wechwytwowego**, a korba stać w przepisaniem położeniu, t. j. takim, żeby można było każdej chwili z łatwością zahamować wagon albo przez przyciąganie korby, albo też przez jej odpychanie.

Do zabezpieczenia zahamowanego wagonu od zlurowania się hamulca, służy haczyk hamulcowy, przytwierdzony do fartucha.

§ 14.

**Prąd hamujący.**

Motory biorą prąd, potrzebny do pędzenia wagonu, z przewodnika górnego; mogą one jednak same wytwarzać prąd mianowicie wtedy, gdy podczas biegu wagonu o własnym rozpędzie, przestawimy korbę regulatora na „hamulec” i zamkniemy w ten sposób obwód motorów, połączonych wtedy równolegle, przez oporniki i hamulec magesowy; pod działaniem tego prądu hamulec magesowy zaczyna działać i zatrzymuje wagon.

Jak widzimy, nie potrzeba brać prądu z nadziemnej sieci do zahamowania wagonu elektrycznie, gdyż wytwarzają go motory same w ruchu, przyczem prąd będzie tem silniejszy, im motory obracają się szybciej.

§ 15.

**Hamulec magesowy.**

Hamulec magesowy jest przytwierdzony do podłogi wagonu i składa się z elektromagnesu, w którym porusza się rdzeń żelazny, działający bezpośrednio na mechanizm hamulca ręcznego. Dla uruchomienia hamulca magesowego puszcza się przez uzwojenie elektromagnesu prąd, wytworzony w motorach, pod wpływem którego zostaje wciągnięty rdzeń; siłę prądu reguluje się za pomocą oporników. Prąd ten może być również przeprowadzony za pomocą linki łącznikowej do wagonu przyczepnego i działać na jego hamulec magesowy. Oba hamulce są połączone w szereg, t. j. jeden za drugim.

§ 16.

**Jazda w tył i kontraprąd.**

Chcąc cofnąć wagon lub jechać w tył z przedniego pomostu, należy postawić rączkę regulatora na stopień „w tył I i II” i posuwać jedno-

cześniej korbę regulatora tak, jak przy jeździe naprzód, t. j. od „0“ do „4“.

**W zwykłych warunkach jazda w tył jest bezwzględnie wzbroniona i dozwala się tylko w wyjątkowych wypadkach.**

Jeżeli podczas jazdy naprzód przestawimy rączkę regulatora na stopień „w tył I i II“ po uprzednim wyłączeniu prądu i zaraz potem posuniemy korbę z kontaktu „0“ na „I“, to możemy wagon szybko zatrzymać, ponieważ puszczaemy przez motory prąd w odwrotnym kierunku i dajemy im przez to dążność obracania się w kierunku przeciwnym kierunkowi jazdy.

**Opisane hamowanie kontraprządem dozwala się tylko w tym jedynym razie, kiedy należy z powodu wypadku szybko zahamować wagon, a oba hamulce i ręczny i magnesowy odmówiły posłuszeństwa.** Należy pamiętać, że przy hamowaniu kontraprządem wolno przestawić korbę regulatora tylko na pierwszy kontakt i to na małą chwilę.

## § 17.

### Hamowanie wagonu.

Jadąc wagonem motorowym samym należy w zwykłych warunkach, a zatem dla zatrzymania wagonu na przystankach, używać hamulca ręcznego. Jadąc z wagonem przyczepnym można i na przystankach używać hamulca magnesowego.

W razie użycia hamulca magnesowego prąd powinien być włączany stopniowo przy pomocy oporników w ten sposób, żeby nie dawały się odczuwać wstrząśnienia i żeby nie następowało ślizganie się kół. Przy włączaniu hamulca magnesowego należy robić tem większe pauzy między oddzielnymi kontaktami, im wagon jedzie szybciej, im jest mniej przyczepnych wagonów, im pochyłość drogi jest znaczniejsza, wreszcie im bardziej szyny są obślizgłe. Naodwrot, im wagon idzie wolniej, tem szybciej należy przy hamowaniu przechodzić z kontaktu na kontakt.

Hamulec ręczny używany zaś być musi dla zatrzymywania wolno idących wagonów lub przyśpieszenia zupełnego zatrzymania wagonów hamowanych hamulcem magnesowym, lub gdy należy zahamować wagon na spadku lub przy jeździe pod górkę i zachodzić może obawa, że wagon po zatrzymaniu może zacząć się staczać. Jednem słowem zawsze wtedy, gdy hamulec magnesowy wskutek zbyt małej szybkości lub braku tejże nie jest w stanie działać.

W razie wypadku albo przy sygnale alarmowym należy zatrzymać wagon możliwie szybko, wobec czego należy **hamować najprzód elektrycznie, a potem zaraz ręcznie (nigdy odwrotnie!);** dla zwiększenia działania hamulców, należy posypywać przed hamowaniem szyny piaskiem.

Na spadkach ręczny hamulec powinien wyrównywać działanie magnesowego: przypuśćmy na przykład, że gdy przesuniemy korbę regulatora na pierwszy kontakt, wagon zjeżdża zbyt szybko, gdybyśmy zaś postawili ją na 2-gim kontakcie — zbyt wolno; w takim razie należy pozostawić korbę na 1-ym kontakcie i działać hamulcem ręcznym z taką siłą i tak długo, żeby otrzymać pożądaną szybkość.

Na słabych spadkach szybkość wagonu jest zbyt mała nawet przy jeździe na pierwszym kontakcie hamulcowym, należy wtedy dla regulowania szybkości jazdy używać wyłącznie hamulca ręcznego.

Należy pamiętać, że przy ruszaniu na spadku niewolno zluźwiać hamulca ręcznego wcześniej, jak w chwili włączania prądu, gdyż w przeciwnym razie wagon mógłby zacząć staczać się w tył.

Przy hamowaniu ręcznym należy **zawsze zasunąć nogą piesek w kółko wechwytowe**, przy opuszczeniu zaś wagonu, szczególnie zaś na spadkach i w razie najechań, trzeba zabezpieczyć korbę przyciągniętego hamulca haczykiem, znajdującym się na fartuchu pomostu, a to dlatego, żeby hamulec nie odpuścił, nawet w razie obluźwienia się pieska.

**UWAGA: Nie należy nigdy hamować najprzód ręcznie, a dopiero następnie magnesowym hamulcem, gdyż może to spowodować odskoczenie korby hamulcowej.**

## § 18.

### P i a s e c z n i c e.

Do posypywania szyn piaskiem służą piasecznice. Jest ich w każdym wagonie motorowym cztery: po dwie przed każdą parą kół. Posługiwać się należy naturalnie tylko przednią parą.

Każda piasecznica składa się ze skrzynki na piasek, umieszczonej pod podłogą wagonu i zamkniętej przykrywą, przewodu rurowego i suwaka, zamykającego ten przewód. Za pomocą ręczki piasecznicy, przytwierdzonej do fartucha pomostowego, można otwierać jednocześnie oba suwaki jednej pary i posypywać w ten sposób szyny piaskiem; ręczki nie należy przytrzymywać, lecz tylko pociągać za nią lekko, skutkiem czego suwaki otwierają przewody rurowe tylko chwilowo i piasek sypie się równomiernie na szyny.

## § 19.

### Posypywanie szyn piaskiem.

Posypywanie szyn piaskiem ma na celu zapobieganie ślizganiu się kół podczas hamowania wagonów przy szybkiej jeździe, na sygnał alar-

mowy i na spadkach, jak również ruszaniu, wjeżdżaniu lub zatrzymaniu wagonów na obślizgłych szynach.

Jeżeli wagon przy ruszaniu nabiera rozpędu zbyt powolnie wskutek ślizgania się kół, lub też koła zaczynają się obracać na miejscu, należy niezwłocznie wyłączyć prąd i sypać piasek, przejść zaś na wyższy kontakt wolno jest dopiero wtedy, gdy wagon nabierze szybkości, odpowiadającej danemu kontaktowi.

Przy pociągu, złożonym z paru wagonów, należy sypać piasek zawczasu, aby i koła przyczepnego wagonu przy zatrzymaniu stały również na szynach posypanych piaskiem.

W razie, jeżeli pociąg stacza się z pochyłości w stronę przeciwną kierunkowi jazdy, motorniczy jest obowiązany dać alarmowy sygnał, ażeby konduktorzy wszystkich wagonów hamowali, przyczem konduktor wagonu motorowego powinien posypywać szyny piaskiem.

Motorniczy jest odpowiedzialny za celowe i dostateczne sypanie piasku. Piasek powinien być sypany możliwie równomiernie, nie zaś kupkami.

**Wzbronione jest nadmierne sypanie piasku i używanie piasecznic na zwrotnicach oraz dla zatrzymania wagonu na przystankach.**

Motorniczy powinien również dbać o posiadanie w piasecznicach dostatecznego zapasu suchego i sypkiego piasku i przekonać się od czasu do czasu, czy przewody rurowe piasecznic nie są zapchane. Zapas piasku znajduje się przy ekspedycjach i wogóle na wszystkich krańcowych stacjach.

**UWAGA.** Wagony idące na Pragę są zaopatrzone oprócz wyżej opisanych piasecznic, jeszcze w piasecznicę ręczną, zawieszoną na przednim fartuchu koło regulatora. W razie niedziałania piasecznic wagonowych należy posługiwać się tymi dodatkowymi piasecznicami, czerpiąc z nich piasek szufelką. **Surowo jest wzbronione wyjeżdżać wagonami idącymi na Pragę bez tych ręcznych piasecznic.**

## § 20.

### O ś w i e t l e n i e .

U obsady pałaka przed wyłącznikiem odgałęziają się od głównego obwodu przez bezpiecznik trzy boczne, a mianowicie: dwa dla oświetlenia wagonu motorowego i jeden dla oświetlenia wagonów przyczepnych; pierwsze z tych obwodów doprowadzają prąd przez bezpieczniki korkowe, a następnie jeden z nich przez przełącznik, drugi przez wyłącznik do szeregu lampek żarowych, od których prąd spływa przez podwozie do szyn. Bezpieczniki, przełącznik i wyłącznik są umieszczone na

czołowej ścianie pudła wagonowego od strony pomostu A. (Patrz tablica Nr. 1).

Ogółem w wagonie motorowym znajduje się 14 żarówek, z których 6 jest włączonych w obwód wyłącznika (2 lampy numerowe i 4 wewnętrzne: jedna od strony pomostu A i 3 pająka środkowego), z pozostałych zaś 8-miu, znajdujących się w obwodzie przełącznika, pali się jednocześnie 6, a mianowicie: 2 wewnętrzne lampy (jedna od strony pomostu B i środkowa pająka), 2 sygnałowe i jedna reflektorowa na przodzie wagonu i jedna na tylnym pomoście. Nie palą się zaś tylna reflektorowa i przednia pomostowa.

W trzecim obwodzie prąd z pałąka przechodzi do jednego z 2-ch kontaktów łącznikowych, znajdujących się pod dachem pomostu, a stąd za pomocą linki łącznikowej—do kontaktu wagonu przyczepnego, gdzie, przepływając przez bezpiecznik, wyłącznik i 6 lampek żarowych, a mianowicie 2 peronowe i 4 wewnętrzne, spływa przez koła do szyn.

#### § 21.

### **Piecyki elektryczne.**

Przy podłużnych ścianach wagonu pod siedzeniami umieszczone są 4 piecyki elektryczne, piecyki te są włączone po dwa na krzyż w jeden obwód elektryczny, tworzą więc w każdym wagonie dwa obwody ogrzewalne.

Każdy z tych 2-ch obwodów zaopatrzony jest w oddzielny bezpiecznik korkowy i wyłącznik, który można włączać lub wyłączać za pomocą specjalnego kluczyka. Oba bezpieczniki i wyłączniki są umieszczone na czołowej ścianie pudła wagonowego od strony pomostu B.

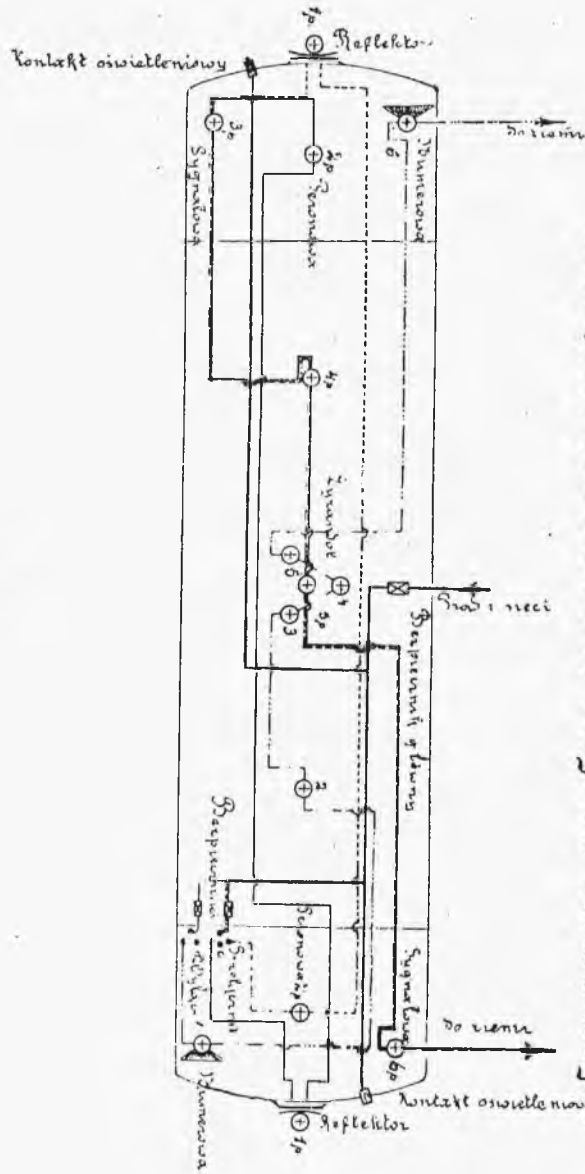
#### § 22.

### **Kontakt łącznikowy dla hamulca magnesowego i kabelek łącznikowy.**

Na obu fartuchach wagonu motorowego i przyczepnego umieszczone są kontakty łącznikowe dla hamulca magnesowego, czyli dozy hamulcowe, służące do zakładania kabelka hamulcowego, przewodzącego prąd hamujący z motorów wagonu motorowego do hamulca magnesowego wagonu przyczepnego.

We wnętrzu dozy znajdują się dwa sztyfty sprężynujące oraz szczęka. Kabelek hamulcowy zaopatrzony jest na obu końcach w końcówki dopasowane do doz hamulcowych. W końcówkach tych siedzą gniazda trafiające na sztyfty.

# Schemat oświetlenia wagonu motorowego



Tablica I.



Przy jeździe wagonem motorowym samym, winny szczęki w obu dozach, tak przedniej jak i tylnej, być zamknięte i silnie do siebie przylegać.

Przy jeździe z wagonem przyczepnym przez założenie kabelek hamulcowego szczęki się rozsuwają; w dozie więc tylnej wagonu motorowego i przedniej wagonu przyczepnego, w których właśnie siedzi kabelek, winny szczęki być otwarte, a sztyfty mocno siedzieć w gniazdach. W obu pozostałych dozach, a zatem przedniej wagonu motorowego i tylnej przyczepnego, winny szczęki być zamknięte. W razie zaś niedość szczelnego pasowania sztyftów, lub niedomknięcia szczęk, droga prądu hamującego byłaby przerwana i hamulec magnesowy nie działałby tak na wagonie przyczepnym, jak i motorowym.

## ROZDZIAŁ VI.

# Droga prądu.

Poznawszy ustrój sieci tramwajowej i zaznajomiwszy się z urządzeniem elektrycznym wagonu motorowego, możemy dopiero rozpatrzyć dokładną drogę prądu.

Z bieguna dodatniego maszyn elektrycznych, przez wyłączniki samoczynne, prąd wypływa z Elektrowni kablami zasilającymi i wchodzi w punktach zasilających do sieci nadziemnej. Z sieci prąd przechodzi do wagonu motorowego przez pałąk, zewzów indukcyjny, przewodnik izolowany, ukryty pod listwą na dachu wagonu — do wyłącznika samoczynnego (automatu), umieszczonego nad pomostem A; następnie prąd płynie drugim przewodnikiem izolowanym, ułożonym obok poprzedniego do wyłącznika głównego (ręcznego), znajdującego się nad pomostem B, skąd prąd przechodzi przewodnikiem izolowanym, idącym z góry na dół w rogu pudła wagonowego do kieszek kablowych; z kieszek przez regulatory i oporniki przedostaje się prąd do motorów, z których spływa przez części metalowe podwozia, sprężyny, maźnice i koła wagonowe do szyn, z szyn zaś przez kable powrotne wraca do elektrowni, a mianowicie do bieguna ujemnego maszyn elektrycznych.

W motorach prąd płynie jak następuje: przy połączeniu motorów w szereg — od szczotki dodatniej motoru pierwszego przez uzwojenie twornika, ujemną szczotkę do dodatniej szczotki drugiego motoru, uzwojenie jego twornika, ujemną szczotkę do magnesu pierwszego motoru i na koniec do magnesu drugiego motoru.

Przy połączeniu motorów równolegle, prąd, jak wiemy, rozgałęzia się jednocześnie i płynie w obu motorach jednakowo, t. j. od

dotatnich szczotek przez uzwojenie tworników, ujemne szczotki do magnesów.

W czasie elektrycznego hamowania obwód składa się z następujących przyrządów: równolegle połączonych motorów, regulatora, oporników i połączonych jeden za drugim hamulców magnesowych wagonu motorowego i wagonów przyczepnych.

Do przerywania prądu w wagonie można użyć jednego z następujących 5-ciu sposobów:

- 1) odciągnąć pałąk od drutu roboczego,
- 2) otworzyć wyłącznik samoczynny,
- 3) otworzyć wyłącznik główny,
- 4) przesunąć korbę regulatora na „0”,
- 5) przestawić rączkę regulatora na „stój”.

**UWAGA.** Prąd w wagonie może zostać przerwany przez zatrzymanie wagonu pod przerywaczem sekcyjnym lub przy wjechaniu na silnie zanieczyszczone szyny, albo na szyny pokryte grubą warstwą piasku, wskutek czego koła tracą metaliczną łączność z szynami.

---

## C Z Ę Ś Ć IV.

# Ogólne przepisy dotyczące pełnienia służby na wagonie.

### ROZDZIAŁ I.

## Przepisy wspólne dla konduktorów i motorniczych.

### § 1.

#### **Służba wagonowa.**

Służbę wagonową stanowią konduktorzy i motorniczowie; są oni w czasie pełnienia obowiązków na wagonie równi sobie pod względem stopnia służbowego i tylko wtedy, gdy wagon motorowy idzie z przyczepnym, konduktor tegoż podlega konduktorowi wagonu motorowego.

### § 2.

#### **Bezpośredni zwierzchnicy.**

Bezpośrednimi zwierzchnikami służby wagonowej są:

- 1) Wyżsi urzędnicy Wydziału ruchu,
- 2) Zawiadowcy stacji i ich pomocnicy,
- 3) Starszy instruktor i starszy kontroler,
- 4) Instruktorzy, kontrolerzy, ekspedytorzy i ich zastępcy.

### § 3.

#### **Stosunek do zwierzchności.**

Służba ruchu obowiązana jest bezwzględnie i niezwłocznie spełniać jaknajdokładniej wszystkie polecenia swoich bezpośrednich zwierzchników

i komunikować im zaraz po zjawieniu się ich na wagonie o wszystkich zdarzeniach godnych uwagi, nie czekając na zapytanie. Objasnienia należy dawać uprzejmie w możliwie dokładnej, zwięzłej i treściwej formie.

**UWAGA:** W razie otrzymania polecenia od innej zwierzchności niż bezpośredniej, lub naczelników i ich zastępców innych wydziałów Tramwajów Miejskich, niż Wydział Ruchu i Służby, należy je wykonać niezwłocznie, komunikując o otrzymaniu takiego polecenia pierwszemu napotkanemu bezpośredniemu zwierzchnikowi.

#### § 4.

### Objęcie służby na wagonie.

Konduktorzy i motorniczowie mogą pełnić służbę na wagonie nie inaczej, jak w pełnym umundurowaniu, podług przepisanej formy bez wszelkich dowolnych dopełnień i dodatków, z mocno i widocznie przytwierdzonym do czapki numerem służbowym i winni posiadać przy sobie przybory, wyszczególnione w części IV, rozdziale II — § 2 i rozdziale III — § 2.

Konduktorzy i motorniczowie obowiązani są przybyć na służbę czysto ubrani, umyć, uczesani i, o ile nie noszą zarostu starannie ogoleni; obuwie i ubranie powinni mieć schludne i baczyć, aby nie brakowało guzików i aby te ostatnie, jak również numer służbowy i znaczki należycie były oczyszczone.

Konduktorzy i motorniczowie winni stawić się na służbę przynajmniej 15 minut przed czasem wyruszenia wyznaczonego wagonu, aby móc takowy przyjąć lub przejąć od poprzedniej zmiany, otrzymać cedułę, kartkę odjazdową i t. d. i zapoznać się z treścią nowych okólników, wywieszanych w salach konduktorskich i salach motorniczych, jak również wysłuchać ustnych poleceń zawiadowców stacyjnych lub ich pomocników.

**W razie niezastosowania się do któregośkolwiek z wymienionych w tym § punktów, zawiadowca stacji lub dyżurny jego pomocnik mają obowiązek nie puszczania winnych na wagony.**

Służba wagonowa odpowiada materialnie za wynikłe z jej winy uszkodzenia wagonu i dlatego winna we własnym interesie, obejmując wagon dokładnie go obejrzyć; w przeciwnym razie, za szkody odpowiada ostatnia zmiana, o ile poprzednia nie przyznaje się do winy.

#### § 5.

### Zachowanie się podczas wypadku.

W razie jakiegokolwiek wypadku i spowodowanej przerwy w ruchu, służba wszystkich zatrzymanych wagonów winna przyjąć

czynny udział w usunięciu przeszkody i starać się wszelkimi siłami, stosując się ściśle do odnośnych przepisów, przyspieszyć ruszenie wagonów, przyczem, o ile wypadek został spowodowany zerwaniem się drutu roboczego, uprzedzić publiczność i zapobiec, aby nikt nie zbliżał się i nie dotykał zwisających lub leżących na ziemi końców przerwanych drutów.

O wszystkich zauważonych brakach, niedokładnościach, uszkodzeniach wagonów, toru lub sieci przewodników nadziemnych, jak również o wypadkach, służba wagonowa obowiązana jest zawiadomić pierwszego napotkanego zwierzchnika, a następnie niezwłocznie po przyjechaniu na ekspedycję — ekspedytorów; niezależnie od tego należy po ukończeniu służby składać Dyrekcji, za pośrednictwem zawiadowców stacji, piśmienne o tem raporty.

Służba wagonowa winna niezwłocznie meldować telefonicznie (z najbliższego telefonu) o wszelkich wypadkach, mogących wywołać znaczniejszą przerwę w ruchu, jako to: pożarach na linii, oberwaniu się drutów, zajęciu linii przez wozy, których szybko usunąć się nie da, poważniejszych najechaniach, znaczniejszych uszkodzeniach wagonu, uniemożliwiających dalszą nim jazdę i t. p. (patrz § 30 rozdział I część IV). W razie zjechania się przy miejscu wypadku kilku wagonów, winna telefonować służba tego wagonu, który pierwszy nadjechał do miejsca wypadku. **Telefonować należy wyłącznie do pogotowia tramwajowego.**

W razie odpłombowania skrzynki narzędziowej i wyjęcia jakichkolwiek przedmiotów, należy w najbliższym czasie zawiadomić o tem ekspedytora, po ukończeniu zaś służby przedstawić zawiadowcy stacji piśmienny raport z podaniem przyczyny i wyszczególnieniem wyjętych przedmiotów, załączając przytym plombę, względnie zawiadomić majstra remizowego lub dyżurnego ślusarza dla sprawdzenia zawartości skrzynki przed jej ponownem zapłombowaniem.

## § 6.

### Stosunek do publiczności.

Służba wagonowa winna się zachowywać względem pasażerów i publiczności **uprzejmie, nie przybierać w żadnym wypadku postawy lekceważącej i nie mówić podniesionym głosem**; na zapytania należy (motorniczowie tylko podczas postojów) udzielać dokładnych objaśnień w krótkiej i rzeczowej formie. Na żądanie publiczności **należy bez żadnego protestu i uwagi podać swój numer służbowy i udzielić dokładnego adresu Dyrekcji.**

Służba wagonowa winna baczyć, aby pasażerowie nie dotykali się przyrządów i urządzeń elektrycznych wagonu, nie uruchomiali piasecznic i nie podawali sygnałów dzwonkiem na ruszenie lub zatrzymanie wagonu. **Nie wolno jednak uwag tych czynić w formie niegrzecznej.**

§ 7.

**Zachowanie się służby podczas podróży.**

Służbie wagonowej zabrania się:

- 1) **odstępować komukolwiek swój dowód służbowy lub numer, a to pod karą natychmiastowego wydalenia ze służby,**
- 2) pozostawiać podczas postoju wagon bez dozoru,
- 3) porozumiewać się co do obecności na linii zwierzchuików, a zwłaszcza kontrolerów i instruktorów,
- 4) prowadzić rozmowy podczas jazdy z pasażerami i kolegami,
- 5) mieszać się do rozmów pasażerów,
- 6) udzielać pasażerom lub publiczności jakichkolwiek bądź informacji, dotyczących stosunków służbowych lub urządzeń elektrycznych i mechanicznych, a to w celu uniknięcia dawania błędnych wskazówek i objaśnień,
- 7) spożywać przed objęciem służby potraw i napojów wydających nieprzyjemną woń, zwłaszcza zaś alkoholu,
- 8) przenosić na stacjach krańcowych przez wagon drzwiczki pomostowe, pręt do przestawiania zwrotnic i t. p.
- 9) przyjmować pokarmy wewnątrz wagonu wtedy, gdy pasażerowie zajmują miejsca,
- 10) palić tytoń na wagonie podczas jazdy i postoju,
- 11) siadać wewnątrz wagonu lub na poręczy pomostu podczas jazdy lub na stopniach i taranach podczas postojów.

§ 8.

**S y g n a ł y.**

Motorniczy i konduktor porozumiewają się za pomocą dzwonka sygnałowego. Jedno uderzenie dzwonka ze strony konduktora oznacza „ruszać z miejsca“, dwa uderzenia—„zatrzymać wagon“, trzy uderzenia—„grozi niebezpieczeństwo, wstrzymać wagon jaknajszybciej“. Ten ostatni sygnał wolno konduktorowi dawać **tylko i jedynie w razie rzeczywistego niebezpieczeństwa**, kiedy natychmiastowe zatrzymanie wagonu jest niezbędne.

Motorniczy zaś porozumiewa się z konduktorem w następujący sposób: jedno uderzenie dzwonka oznacza: „konduktor winien przyjsć na przód wagonu“, dwa uderzenia — „konduktor ma zejść i zbadać przeszkodę“, trzy uderzenia — „grozi niebezpieczeństwo, konduktor winien zahamować wagon tylnym hamulcem“.

Jeżeli pociąg składa się z wagonu motorowego i jednego lub dwóch wagonów przyczepnych, to sygnał do odjazdu daje najpierw konduktor ostatniego wagonu przyczepnego, poczem sygnał ten powtarzają kolejno konduktorzy następnych wagonów.

Motorniczy obowiązany jest słuchać jedynie sygnałów dawanych przez konduktora wagonu motorowego, jednakże usłyszawszy trzykrotny sygnał alarmowy na którymkolwiek wagonie przyczepnym, winien natychmiast wagon zatrzymać.

W razie zepsucia się dzwonka sygnałowego w drodze, należy posługiwać się gwizdawkami, co do czego służba wagonowa powinna się niezwłocznie porozumieć.

Oprócz powyższych sygnałów służba wagonowa obowiązana jest rozumieć następujące sygnały, dawane ręką lub chorągiewką przez bezpośrednią zwierzchność lub dozór linii: ręka podniesiona do góry oznacza „stać“ kilkakrotny ruch ręką w kierunku pionowym oznacza „jechać wolno“, kilkakrotny ruch ręką w kierunku poziomym oznacza „jechać prędzej“. Tarcza lub latarka czerwona ustawiona na torze lub między torami oznacza „stać“. Tarcza lub latarka zielona oznacza „jechać wolno“.

## § 9.

### **Łączenie i rozłączanie wagonów.**

1) **Łączenie wagonów** jest dozwolone tylko na linii prostej (z wyjątkiem dołów rewizyjnych). Na łukach i na spadkach dozwala się łączyć wagony tylko wtedy, gdy wypada zabrać z linii uszkodzony wagon, należy jednak przytym zachowywać **jaknajwiększą ostrożność**.

Przed połączeniem dwóch wagonów należy je wpierw zatrzymać na odległości jednego kroku, mierząc między zderzakami.

Wagon, do którego się podejżdza (przyczepny) winien być przedtem zahamowany od strony zbliżającego się wagonu motorowego, który musi być bezwarunkowo prowadzony z pomostu od strony wagonu przyczepnego. Dopiero po zbliżeniu się wagonów na odległość jednego kroku, wolno jest wejść między wagony osobie, mającej je połączyć. Spinający odgważdza obydwa zderzaki i wkłada w zderzak wagonu przyczepnego trzon, który należy niezwłocznie zagwoździć, poczem daje motorniczemu sygnał „gotów“, wówczas motorniczy rusza ostrożnie wagonem, mając lekko przyciągnięty hamulec ręczny. W chwili należytego zbliżenia się dwóch zderzaków, spinający unosi je nieco rękami, przyczym nie powinien trzymać zderzaków za część talerzową, lecz tylko za obsadę; po trafieniu trzona w drugi zderzak należy go również zagwoździć. Połą-

czywszy zderzaki zakłada się linki hamulcową i świetlną, przyczem należy pamiętać, że **wpierw łączy się linki z kontaktami łącznikowymi wagonu przyczepnego**, a następnie z kontaktami wagonu motorowego; ażeby uniknąć wysunięcia się linki hamulcowej z gniazdek kontaktowych, zahacza ją się mocno o pokrywki kontaktów. Ostatnia wreszcie czynność polega na założeniu węgłów i ochrony teleskopowej.

Po skutecznieniu złączenia wagonów konduktor wagonu przyczepnego odhamowuje swój wagon, konduktor wagonu motorowego przekłada pałąk, podczas gdy motorniczy powraca na przedni pomost.

2) **Przy rozłączaniu wagonów** konduktor winien zahamować wagon przyczepny tylnym hamulcem, zagasić światło w przyczepnym wagonie i powymować z kontaktów linki łącznikowe **najpierw z wagonu motorowego, następnie zaś z wagonu przyczepnego**, przyczem nie należy szarpać za linki, **lecz ciągnąć za zatyczki**. Następnie należy zdjąć ochronę teleskopową i węgły, odgwoździć zderzak w wagonie motorowym i dać głośno znać motorniczemu, stojącemu na przednim pomoście, żeby ruszył o jeden krok naprzód; wreszcie wyjmuje się trzon z wagonu przyczepnego i zagważdza oba zderzaki.

Za prawidłowość manipulacji wagonem przy łączeniu i rozłączaniu wagonów odpowiedzialnym jest motorniczy; za dokładność zaś samego połączenia i rozłączenia—konduktorzy obu wagonów. Spinacz zaś, o ile nawet takowy jest obecny, służy tylko do pomocy i przyśpieszenia manipulacji i odpowiedzialności żadnej nie ponosi.

Przy ręcznym przesuwaniu wagonów przyczepnych obowiązany jest motorniczy pomagać konduktorom.

## § 10.

### Mijanie wozu wieżowego.

W razie napotkania na linji wozu wieżowego, należy zatrzymać wagon w odległości 20 kroków. Motorniczy podaje konduktorowi 2 sygnały dzwonkiem sygnałowym. Konduktor, upewniwszy się, że wagon nie zawadzi bokiem o wóz wieżowy, bierze do ręki linkę pałkową i, nie ściągając pałaka, daje motorniczemu dzwonkiem sygnał na znak, że jest gotów; motorniczy rusza wtedy wagonem i na odległości pięciu kroków od wozu wieżowego wyłącza prąd korbą regulatora, poczem daje konduktorowi dzwonkiem ponowny sygnał; na ten sygnał konduktor ściąga niezwłocznie pałąk i trzyma go w tej pozycji, dopóki wagon nie minie wozu wieżowego. Wtedy dopiero konduktor puszcza pałąk i podaje motorniczemu jeden sygnał dzwonkiem; po tym sygnale motorniczy może włączyć ponownie prąd.



§ 11.

**Oberwanie się drutu roboczego.**

W razie zerwania się drutu roboczego należy postępować w następujący sposób:

Jeżeli miejsce wypadku nie jest jeszcze zabezpieczone przez służbę drogi, służba pierwszego wagonu, który dojedzie do miejsca wypadku, **winna przede wszystkim zabezpieczyć to miejsce**, stosując się ściśle do wskazówek i przepisów, zawartych w §§ 1, 2, 3, 4 i następnych części III rozdział III. Po załatwieniu tych czynności, lub jeśli służba drogowa miejsce wypadku już zabezpieczyła, winien konduktor natychmiast zatelefonować po pogotowie tramwajowe, podając jaknajdokładniej miejsce wypadku. Następnie konduktor otwiera bosakami dokoła wszystkie przerywacze sekcyjne, w celu wyłączenia sekcji. Konduktor winien pamiętać, że każdy bosak należy niezwłocznie po otworzeniu danego przerywacza powiesić z powrotem i zamek zamknąć. Po powrocie konduktora do wagonu, motorniczy, wyjąwszy ze skrzynki narzędziowej swego wagonu gumowe rękawice, deskę izolacyjną, obciążki i sznur, udaje się na miejsce, gdzie leży lub wisi drut i, stanąwszy na desce izolacyjnej, zagina koniec drutu, a za pomocą sznura przywiązuje go jaknajwyżej do słupa, latarni, drzewa i t. p.

Po dokonaniu tej czynności należy czekać przybycia zwierzchności, która poleci skierować wagony inną drogą lub też zarządzi ruch wahadłowy.

W razie nadejścia drugiego wagonu, służba tegoż winna pomagać służbie pierwszego wagonu, np. w czasie, kiedy pierwszy konduktor telefonuje, drugi wyłącza sekcje i t. d.

§ 12.

**Oberwanie się drutu dodatkowego lub poprzecznego.**

Motorniczy, który spostrzeże oberwany drut dodatkowy lub poprzeczny (skutkiem czego drut roboczy wyszedł ze swego właściwego położenia), winien zatrzymać wagon i zawezwać dwoma dzwonekami konduktora. Następnie służba wagonowa winna czekać na przybycie następnego wagonu, celem wskazania służbie tegoż — miejsca uszkodzonego, poczem pierwszy wagon przejeżdża, jak koło wozu wieżowego, drugi zaś czeka przybycia trzeciego i t. d.

O wypadku konduktor pierwszego wagonu winien jaknajprędzej zawiadomić telefonicznie pogotowie tramwajowe.

§ 13.

**Napotkanie zerwanego przewodnika prądu słabego.**

Napotkawszy telefoniczny lub telegraficzny drut, wiszący na sieci tramwajowej, motorniczy winien podjechać jaknajostrożniej, poczem, włożywszy rękawice gumowe i wzięwszy obciążki izolowane, wchodzi na chodnik na dachu wagonu i ostrożnie drut obeina.

O ile motorniczy nie jest w stanie wykonać tej czynności, konduktor obowiązany jest wezwać natychmiast telefonicznie pogotowie tramwajowe.

O ile zaś drut zerwany zwisa niżej drutu roboczego, a usunąć go nie można, należy postępować, jak wskazano w poprzednim §.

§ 14.

**Pożar na linji.**

Dojechawszy do miejsca przerwy w ruchu, wywołanej pożarem, konduktor pierwszego wagonu obowiązany jest natychmiast zawiadomić telefonicznie pogotowie tramwajowe, które przedsięwzięmie, po porozumieniu się z przełożonymi oddziałów straży ogniowej, wszelkie środki, mogące ułatwić akcję ratunkową.

**Służbie wagonowej zabrania się bezwarunkowo w tych wypadkach wyłączać sekcje drutu roboczego.**

§ 15.

**Najechnia i nieszczęśliwe wypadki.**

W razie przejechnia kogokolwiek, najechnia na inny wehikuł, uszkodzenia wagonu lub w razie jakiegobądź wypadku należy wagon zatrzymać niezwłocznie.

Motorniczy, założywszy haczyk na korbę hamulca ręcznego i zdjąwszy korbę i rączkę regulatora, winien natychmiast zejść z wagonu i zbadać łącznie z konduktorem istotę wypadku.

O ile wypadek miał miejsce z człowiekiem, to należy się starać wydobyć poszkodowanego z pod wagonu, chociażby przez odpiłowanie drewnianej ramy ochronnej piłką ręczną, znajdującą się w skrzynce narzędziowej każdego wagonu. **Pod żadnym jednak pozorem, ani na niczyje żądanie i z niczyjego rozporządzenia nie wolno, pod grozą natychmiastowego uwolnienia ze służby, ruszyć wagonem ani na jeden nawet krok, czy to w tył, czy też naprzód.**

W razie, jeżeli służba wagonowa sama nie jest w stanie wydobyć poszwankowanego z pod wagonu, winna natychmiast zawezwać telefo-

niecznie pomocy pogotowia tramwajowego, które dalszą akcję ratunkową obejmie samodzielnie. Jeżeli poszwankowany wymaga opieki lekarskiej, konduktor winien zwrócić się telefonicznie do pogotowia ratunkowego (telefon Nr. 363), w żadnym jednak razie **nie wolno jest ruszać w dalszą drogę, pozostawiając poszwankowanego bez opieki**, i nie zapisawszy dokładnych nazwisk, imion i adresów zarówno osoby poszkodowanej, jak i świadków.

W razie śmiertelnego wypadku lub spowodowania kalectwa, wagon powinien być, po uprzednim wysadzeniu pasażerów, niezwłocznie odprawiony przez instruktora lub kontrolera do najbliższej remizy dla oględzin i próby hamulców i piasecznicy.

Próba hamulców i piasecznicy winna się odbyć, o ile możliwości w tych samych warunkach, w jakich miał miejsce wypadek, przyczem należy dokładnie stwierdzić na jakiej odległości można było wagon zatrzymać.

Próby mają prawo odbywać bezpośredni zwierzchnicy do starszego instruktora włącznie, **koniecznie i bezwarunkowo** w obecności motorniczego i oprócz tego następujących świadków: zawiadowcy stacji lub jego pomocnika, majstra remizowego lub dyżurnego starszego ślusarza i jeszcze jednego motorniczego, o ile o to prosi motorniczy, który miał wypadek.

Po ukończeniu próby należy sporządzić protokół, który winni podpisać wszyscy uczestnicy próby.

Jeżeli okoliczności nie pozwolą na natychmiastowe odbycie próby, to należy po zahamowaniu wagonu zaplombować w obecności wyżej wymienionych świadków obie korby hamulcowe i drzwi wagonu. Za całość plomb odpowiada majster remizowy lub dyżurny starszy ślusarz.

## § 16.

### Wykolejenie się i przerwanie kontaktu z szynami.

W razie wykolejenia się wagonu, motorniczy winien niezwłocznie przestawić korbę regulatora na zero i dać konduktorowi znak dzwonkiem sygnałowym oraz ruchem prawej ręki, w kierunku z góry na dół, dla ściągnięcia pałaka.

Konduktor ściąga pałak, przywiązuje go do zderzaka, poczem uprasza pasażerów o opuszczenie wagonu do chwili wstawienia go z powrotem na szyny. Motorniczy przekonawszy się z której strony nastąpiło wykolejenie, udaje się na pomost ze strony przeciwnej, konduktor zaś stosownie do tego ustawia pałak i daje znak motorniczemu do ruszenia wagonem. O ile nie uda się motorniczemu w ten sposób wprowadzić wagon na szyny, należy użyć pomocy innego wagonu mo-

torowego, a w razie jeżeli i ten środek nie pomoże, należy wezwać pogotowie tramwajowe.

Jeżeli wykolejony wagon stracił połączenie z szynami należy użyć do wprowadzenia go z powrotem na szyny specjalnego kabelka, znajdującego się w skrzynce narzędziowej wagonu. Przy posługiwaniu się wspomnianym kabelkiem konduktor trzyma kabelek za część izolowaną i dotyka jednym końcem podwozia lub taranu wagonu, drugim zaś szyny. Zamiast kabelka można również posługiwać się prętem do przestawiania zwrotnic.

Wagon zaś, stojący na szynach nie wykolejony, lecz nie mający z nimi kontaktu, należy przesuwac przy pomocy pręta aż do miejsca, gdzie szyny są czyste. Pasażerowie mogą pozostać w wagonie, lecz należy ich uprzedzić, aby nie dotykali się części metalowych wagonu.

W obu jednak wypadkach konduktor winien baczyć, aby nikt z publiczności nie wsiadał lub wysiadał z wagonu, gdyż może otrzymać uderzenie elektryczne.

Wykolejony wagon przyczepny wstawia się na szyny przy pomocy wagonu motorowego.

#### § 17.

### Cofanie wagonu.

Jeżeli zachodzi potrzeba cofnięcia wagonu, to motorniczy winien przejść na drugi pomost, konduktor zaś przełożyć pałak.

Jeżeli pociąg składa się z jednego lub dwóch przyczepnych wagonów, to motorniczemu wolno jest ruszyć dopiero po otrzymaniu sygnału od konduktora ostatniego wagonu, że droga jest wolna, przyczym konduktor tego wagonu winien iść przed cofającym się pociągiem.

#### § 18.

### Zatlenie się części wagonu

Służba wagonowa, poczuwszy swąd pochodzący z wagonu, wyłącza natychmiast prąd zatrzymuje wagon i ściąga pałak, następnie winna odnaleźć tłące się miejsce, starać się zagasić je piaskiem lub suchym gałganem i usunąć przyczynę zatlenia się wagonu. Jeśli po odciągnięciu pałaka swąd ustanie, można pałak znowu odpuścić, jeśli jednak swąd po przyłożeniu pałaka do sieci znów się powtórzy, należy natychmiast ściągnąć pałak, wagon uważać za zepsuty i dowieźć go przy pomocy innego wagonu do najbliższej remizy.

Podczas całej manipulacji należy postępować tak, aby jaknajmniej zwracać uwagę pasażerów na wypadek i w żadnym razie nie

mówić o niebezpieczeństwie pożaru w wagonie, aby nie wywołać popłochu.

**W żadnym razie nie wolno do gaszenia tłącego się miejsca używać wody.**

#### § 19.

### **Przeszkody na torze.**

Jeżeli na torze tramwajowym znajdują się przeszkody, jako to: uszkodzony wóz, wykolejony wagon, straż ogniowa, zerwany drut i t. p. i usunięcie przeszkody może potrwać czas dłuższy, lub jeżeli droga jest zajęta przez procesję, pochód, pogrzeb, przemarsz wojska — to tylko na rozkaz zwierzchności zostają wagony skierowane inną drogą lub, jeżeli to jest niewykonalne, organizuje się ruch wahadłowy po jednym lub obu torach, zależnie od tego czy jeden czy też oba tory są zatarasowane.

#### § 20.

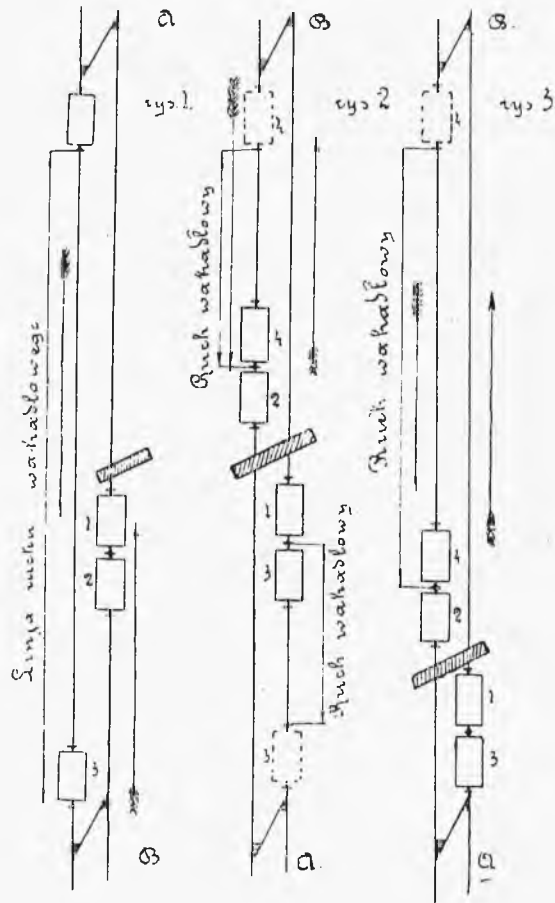
### **Ruch wahadłowy po jednym torze.**

Ruch wahadłowy po jednym torze polega na następujących czynnościach: wagony, dążące po zatarasowanym torze, dojeżdżają tylko do najbliższego rozjazdu lub zwrotnicy przed zatorem, który nazwiemy A (patrz tablica 2), wekslują tam i powracają, po uprzednim wyjściu pasażerów z wagonu. Również wagony, idące w przeciwnym kierunku, a więc po wolnym torze, dowożą pasażerów tylko do najbliższego rozjazdu lub zwrotnicy za przeszkodą (rozjazd B), gdzie wekslują i wracają z powrotem. Pasażerów między obu rozjazdami, nazwanymi powyżej rozjazdami A i B, przewozi wagon, utrzymujący ruch wahadłowy i jadący po wolnym torze tam i z powrotem; pasażerowie ci przesiadają się u rozjazdów do oczekujących na nich wagonów i jadą we właściwym kierunku dalej.

Ruch wahadłowy po jednym torze organizuje się w następujący sposób:

Po otrzymaniu rozporządzenia o zorganizowaniu ruchu wahadłowego konduktor pierwszego wagonu znajdującego się u przeszkody (na rysunku oznaczony numerem 1) zawiadamia o tem pasażerów i prosi ich o opuszczenie wagonu, nadmieniając, że niebawem nadejdzie wagon, utrzymujący ruch wahadłowy. Następnie konduktor tego wagonu szybko zdąża do rozjazdu A. Konduktor zatrzymuje pierwszy napotkany po drodze wagon, idący w kierunku ku przeszkodzie (na rysunku oznaczony numerem 3), zawiadamia służbę tego wagonu o zorganizowaniu ruchu wahadłowego i utrzymaniu tegoż przez ich właśnie wagon; inne napot-

# Przekładniowy.



Tablica 2.

kane wagony konduktor zawraca i poleca im zvekslować na rozjeździe A. Wagony te, jako idące w kierunku przeciwnym normalnej jeździe, należy prowadzić bardzo ostrożnie i z umiarkowaną szybkością, żeby uniknąć zderzenia z nadbiegającym naprzeciw wagonem. Doszedłszy do rozjazdu A i zwróciwszy z drogi w sposób powyżej opisany wszystkie napotkane wagony, konduktor pierwszego wagonu oczekuje na rozjeździe przyjazdu następnego wagonu, któremu również komunikuje o ruchu wahadłowym, poleca mu wekslować i ruszyć dopiero po nadejściu następnego wagonu, poczem wraca do swojego wagonu.

Czynności konduktora drugiego wagonu, stojącego u przeszkody (na rysunku oznaczonego numerem 2), są takie same, z tą tylko różnicą, że podąża on do pierwszego rozjazdu lub zwrotnicy, leżącej w przeciwnym kierunku, t. j. do B.

Zarówno wagon pierwszy, jak i drugi pozostają na miejscu u przeszkody, aż do uprzątnięcia toru, natomiast reszta wagonów wraca po wyjściu pasażerów z powrotem.

Konduktor wagonu utrzymującego ruch wahadłowy winien:

Po dojechaniu do rozjazdu B zawiadomić swoich pasażerów o ruchu wahadłowym i poprosić, żeby przesiedli się do oczekującego wagonu, zawrócić swój wagon możliwie prędko, zabrać pasażerów wagonów przybyłych do rozjazdu B. W powrotnej drodze winien konduktor zatrzymać się przy przeszkodzie i zabrać pasażerów pierwszego i drugiego wagonu, a przy rozjeździe A poprosić pasażerów, żeby się przesiedli do oczekującego wagonu i t. d.

Obowiązki konduktorów, przybywających do rozjazdów A i B wagonów, polegają na:

Zawiadomieniu swoich pasażerów o wypadku i rozorganizowaniu ruchu wahadłowego, poproszeniu ich, żeby się przesiedli do wagonu, utrzymującego ruch wahadłowy, szybkim zvekslowaniu, czekaniu na następny wagon, zatrzymaniu go i zawiadomieniu konduktora przybyłego wagonu o ruchu wahadłowym. Potem dopiero można ruszyć w powrotną drogę.

W ten sposób na każdym z obu rozjazdów A i B znajduje się zawsze jeden przynajmniej wagon, którego służba daje odpowiednie wskazówki konduktorowi nadjeżdżającego wagonu i do którego to wagonu mogą wsiadać pasażerowie przybywający wagonem, utrzymującym ruch wahadłowy.

Po usunięciu przeszkody rusza najpierw pierwszy wagon, wagon zaś drugi dopiero po nadjechaniu wagonu, utrzymującego ruch wahadłowy, jadącego od A do B, t. j. we właściwym na danym torze kierunku, i po zawiadomieniu konduktora tego wagonu, że tor jest wolny.

Konduktorzy obu tych wagonów, dojechawszy do rozjazdów A względnie B, zawiadamiają konduktorów oczekujących tam wagonów o zakończeniu ruchu wahadłowego i udają się w dalszą drogę.

§ 21.

**Ruch wahadłowy po obu torach.**

W razie przeszkody na obu torach ruch wahadłowy utrzymują dwa wagony (patrz tablica Nr. 2): jeden kursujący między rozjazdem lub zwrotnicą A i przeszkodą, drugi — między przeszkodą i rozjazdem lub zwrotnicą B; oba wagony kursują po różnych torach i pasażerowie muszą się przesiadać zarówno przy rozjazdach A i B, jak i przy przeszkodzie. Jeżeli jednak przeszkoda znajduje się bardzo blisko jednego z obu rozjazdów A lub B, to niema potrzeby zorganizowania podwójnego ruchu wahadłowego; wystarcza wtedy ruch pojedynczy pomiędzy więcej oddalonym rozjazdem i przeszkodą i pasażerowie przechodzą pieszo niewielki kawałek drogi od przeszkody do drugiego rozjazdu.

Organizacja ruchu wahadłowego po obu torach polega na następujących czynnościach:

Po obu stronach przeszkody należy zatrzymać aż do zupełnego oczyszczenia toru po jednym wagonie (na rysunku oznaczone numerami 1 i 2).

Konduktorzy tych wagonów udają się w stronę przeciwną kierunkowi jazdy swoich wagonów do najbliższej zwrotnicy lub rozjazdu, a więc pierwszy, przypuścmy, do A, drugi — do B. Konduktorzy ci zawiadamiają konduktorów pierwszych napotkanych wagonów (na rysunku numery 3 i 4) o przeszkodzie i zorganizowaniu ruchu wahadłowego i polecają im utrzymanie po własnych torach ruchu wahadłowego pomiędzy przeszkodą a odpowiednim rozjazdem lub zwrotnicą, resztę zaś napotkanych wagonów zawracają z powrotem, polecając im zweeksłować na najbliższych rozjazdach A lub B; ostatnie jednak z napotkanych wagonów oczekują na rozjazdach na wagony później nadchodzące, ażeby je zawiadomić o ruchu wahadłowym i, dopiero po ich przybyciu i zabraniu pasażerów z wagonów, utrzymujących ruch wahadłowy, ruszają w dalszą drogę. Konduktorzy pierwszych wagonów powracają do swych wagonów zaraz po skutecznieniu opisanych czynności.

Po usunięciu przeszkody z obu torów ruszają niezwłocznie oba pierwsze wagony, służbę zaś wagonów, stojących na rozjazdach A i B, zawiadamiają konduktorzy wagonów, utrzymujących ruch wahadłowy, że linja jest już wolna i że można jechać dalej we właściwym kierunku, po właściwym torze.



§ 22.

**Zepsucie się hamulców.**

Jeżeli korba hamulcowa twardo się opiera i nie da się dociągnąć, t. j. jeżeli wyszedł t. zw. zapas, motorniczy winien postępować w sposób następujący:

Jadąc od strony A, liczyć głównie na hamulec ręczny, gdyż magnesowy działa słabiej i jechać wobec tego ostrożnie do stacji krańcowej: jadąc zaś od strony B motorniczy przechodzi na drugi pomost, przyciąga korbę hamulcową o tyle, żeby wagon nie był zahamowany, zakłada piesek i haczyk, następnie wraca na swój pomost i jedzie ostrożnie do stacji krańcowej, na której należy zażądać doprowadzenia do porządku hamulca.

**UWAGA.** Korba hamulca może się opierać **tylko** od strony B.

Jeśli hamulec magnesowy odmawia posłuszeństwa, należy obejrzeć dozy hamulcowe i przekonać się, czy szczęki dobrze przylegają lub czy nie znajduje się między nimi kawałek papieru, zapałka lub t. p.

W razie niedziałania hamulca magnesowego przy jeździe z wagonem przyczepnym, należy przekonać się, czy kabelek hamulcowy nie jest uszkodzony i czy sztyfty doz dobrze siedzą w gniazdach; jeśli siedzą one zbyt luźno, należy je rozszerzyć, wkładając w szczelinę ostrze noża. Następnie należy przekonać się, czy szczęki w dozach: przedniej motorowego i tylnej przyczepnego są należycie ściśnięte. Jeśli po uskutecznieniu tego nie uda się jednak hamulca doprowadzić do porządku, należy wyjąć kabelek z wagonu motorowego, poczem hamulec magnesowy będzie działał, ale tylko na wagonie motorowym.

Jeżeli hamulce odmówią posłuszeństwa na linii i motorniczemu nie uda się w przeciągu pięciu minut doprowadzić wagonu do należytego stanu, to obowiązany on jest:

- 1) z zepsutym hamulcem magnesowym i dobrym przednim ręcznym jechać ostrożnie do najbliższej remizy, zabierając po drodze pasażerów,
- 2) z dobrym hamulcem magnesowym i złym ręcznym przednim udać się po opróżnieniu wagonu do najbliższej remizy, przyczem konduktor winien czuwać przy tylnym hamulcu ręcznym,
- 3) z obu zepsutymi hamulcami ręcznymi — przednim i tylnym **uważać bezwarunkowo wagon za uszkodzony** i dać się dociągnąć do najbliższej remizy.

Przyjehawszy z wadliwym hamulcem do remizy, należy o uszkodzeniu zameldować majstrowi remizowemu albo dyżurnemu ślusarzowi, którzy poddadzą wagon w obecności motorniczego szczegółowej rewizji.

W razie różnicy zdań winna się odbyć próba zgodnie z § 15 (rozdział niniejszy).

§ 23.

**Zagrzenie się osi.**

W razie zagrzenia się osi należy obficie nalać we właściwą maźnicę smaru z puszki, znajdującej się w skrzynce narzędziowej wagonu, i przekonać się, czy poduszka dobrze przylega do czopa i należyście ciągnie. Jeżeliby jednak pomimo nasmarowania oś zagrzała się ponownie po ruszeniu, należy wagon usunąć na najbliższy łuk lub bocznice i telefonicznie zawiadomić o wypadku pogotowie tramwajowe.

§ 24.

**Pęknięcie osi.**

W razie pęknięcia osi należy niezwłocznie zatelefonować po pogotowie tramwajowe, **podając bezwarunkowo przyczynę.**

§ 25.

**„Bicie“ wagonu.**

Podczas deszczu lub silnej wilgoci może się zdarzyć, że wagon „bije”, t. j. naładowawszy się elektrycznością, udziela wstrząśnień osobom, dotykającym się metalowych części jego, lub stojącym na mokrych pomostach. W takich wypadkach należy, ściągnawszy pałąk, wytrzeć starannie mokre części, a pomosty posypać piaskiem. Jeżeliby to nie pomogło i wagon po odpuszczeniu pałąka „biłby” dalej, należy usunąć pasażerów i poprowadzić lub ściągnąć wagon do remizy.

§ 26.

**Wyskakiwanie automatu.**

W razie trzykrotnego wyskoczenia automatu wagonowego, wywołanego bądźto krótkim połączeniem w opornikach, lub motorach, bądźto przepalaniem kieszek kablowych lub jakimikolwiek innymi przyczynami, należy zaniechać dalszych prób włączenia automatu i uważać wagon za zepsuty.

**O każdym, choćby jednorazowym wyskoczeniu automatu, należy bezwarunkowo złożyć raport.**

§ 27.

**Zatrzymanie wagonu pod przerywaczem sekcyjnym.**

Jeżeli wagon zostanie zatrzymany w ten sposób, że pałąk znajduje się ściśle pod przerywaczem sekcyjnym, to oczywiście nie można ruszyć

wagonem i należy wtedy przełożyć pałąk, a jeżeli to jest niewykonalne, popchnąć lub cofnąć wagon ręcznie lub pchnąć wagon ostrożnie nadjeżdżającym z tyłu wagonem.

§ 28.

**Brak prądu na linii.**

W razie braku prądu na linii i zatrzymania się wszystkich wagonów w danej dzielnicy, motorniczowie, szczególnie w tych wagonach, u których niedawno zostały przełożone pałąki, winni sprawdzić, czy przypadkiem nie zetknęły się różki odgromnika, i, zauważywszy, że tak jest w istocie, polecić konduktorowi ściągnąć pałąk, a sami zaś winni odgiąć różki w ten sposób, żeby odstęp między nimi wynosił około 5 milimetrów.

Konduktor, zauważywszy brak prądu, włącza jeden obwód świetlny. Z chwilą zapalenia się światła należy ruszyć w sposób, wyłożony w § 9. (Rozdział II.)

§ 29.

**Nieemożność ruszenia wagonem z miejsca.**

Jeżeli wagonem nie można ruszyć z miejsca lub wagon zatrzyma się podczas jazdy, to przyczyna może być dwojakiego rodzaju, a mianowicie: natury elektrycznej lub też natury mechanicznej.

**W pierwszym wypadku** nie słychać przy wyłączaniu regulatora charakterystycznego cmoknięcia, co dowodzi, że w obwodzie głównym niema prądu.

Przedewszystkiem więc należy się przekonać, czy wyłączniki — samoczynny i ręczny są włączone; jeżeli nie, to należy je włączyć i próbować ruszyć wagonem. O ile wagon nie ruszy, włącza się światło. Jeżeli światło się nie zapali, to przyczyna może być następująca:

- 1) brak prądu w przewodniku roboczym, o czym można się przekonać, zwracając uwagę na to, czy inne wagony stoją (patrz § 28),
- 2) pałąk nie przylega należycie do drutu roboczego z powodu zaplątania się linki pałąkowej,
- 3) pałąk zatrzymał się pod przerywaczem sekcyjnym (patrz § 27),
- 4) wagon stracił należyty kontakt z szynami wskutek tego, że między szynami i kołami wagonu znajduje się warstwa piasku lub lodu (patrz § 16).

Jeżeli zaś po włączeniu wyłącznika światło się zapali, to uszkodzenie mogło powstać z następujących przyczyn:

- 1) szczotki węglowe nie przylegają do kolektora,

- 2) połączenie w kablach lub jeden z oporników jest przerwany,
- 3) jeden z palców kontaktowych regulatora obluzował się i nie przylega do pierścienia.

Dla odnalezienia przyczyny motorniczy winien wyłączyć prąd zapomocą automatu lub wyłącznika głównego, otworzyć po wyjściu pasażerów klapy w podłodze wagonu i w motorze, zajrzeć do szczotek oraz sprawdzić, czy kable nie są przerwane. Nie mogąc zauważyć żadnej niedokładności lub, zauważywszy takową, nie będąc w stanie jej usunąć, należy pozamykać z powrotem pootwierane otwory i uważać wagon za zepsuty, gdyż regulatora otwierać motorniczemu nie wolno.

**W drugim wypadku** — uszkodzenia natury mechanicznej — słychać przy wyłączaniu regulatora cmoknięcie, czyli prąd jest w wagonie i niemożność ruszenia jest spowodowana:

- 1) silnem zahamowaniem wagonu,
- 2) zacięciem się klocków hamulcowych,
- 3) zaklinowaniem kół w rowkach szyn,
- 4) uszkodzeniem kół zębatach,

W razie, gdy wagon był zahamowany, wystarczy go odhamować, żeby móc ruszyć. W razie zacięcia się klocków hamulcowych należy przejść na drugi pomost, silnie zahamować i raptownie odpuścić hamulec; jeżeli to nie pomogło, należy drążkiem do przestawiania zwrotnic odciągnąć górne ramię, podtrzymujące klocki. W razie zaklinowania kół na zwrotnicy lub na prostej kawałkiem żelaza, należy cofnąć cokolwiek wagon i usunąć przyczynę zacięcia się kół.

W razie zacięcia się kół zębatach kawałkiem złamanego zęba, śruby lub t. p., należy cofnąć cokolwiek wagon. Jeżeli przedmiot, który dostał się pomiędzy koła zębate, nie wyleci sam przez cofnięcie wagonu, to należy usunąć go przy pomocy narzędzi, znajdujących się w skrzynce narzędziowej. Gdyby jednak i to nie poskutkowało, należy wezwać pogotowie tramwajowe. Zabrania się bezwzględnie podczas cofania dotykać rękami kół zębatach.

### § 30.

#### **Wycofywanie wagonu z kursu.**

Wagon należy wycofać z kursu w razie: uszkodzenia uniemożliwiającego dalszą jazdę; uszkodzenia takiej natury, że dalsza jazda jest utrudniona lub staje się niebezpieczna; w razie poważnego najechania, śmiertelnych lub poważnych wypadków z ludźmi; wreszcie jeśli motorniczy tłumaczy się niedziałaniem czy też złem działaniem hamulca lub piasecznicy.

Główne wypadki są następujące:

- 1) zepsucie się hamulca lub wyjście t. z. zapasu,
- 2) zepsucie się piasecznicy lub złamanie rączki tejsze,
- 3) silne zagrzanie się lub pęknięcie osi,
- 4) uszkodzenie kół zębatach,
- 5) „bicie“ kół,
- 6) zerwanie się zderzaka,
- 7) oberwanie się maźnicy,
- 8) zepsucie się dzwonka nożnego,
- 9) skrzywienie się pałaka,
- 10) obluzowanie się wechwytu pałakowego,
- 11) zgięcie ślizgacza,
- 12) silne iskrzenie ślizgacza,
- 13) uszkodzenie regulatora,
- 14) zepsucie jednego chociażby motoru,
- 15) uszkodzenie wieczorem przedniego reflektora,
- 16) zepsucie się światła,
- 17) trzykrotne wyskoczenie automatu,
- 18) „bicie“ wagonu,
- 19) zatlenie się wagonu.

Na wagonie wycofanym z kursu należy z przodu i z tyłu wywiesić tabliczkę „niema miejsc“.

## ROZDZIAŁ II.

# Przepisy specjalne dla motorniczych.

### § 1.

#### **Obowiązki motorniczych wogóle.**

Motorniczy ma prawo prowadzić wagon tylko na tych liniach, które są wyszczególnione w jego dowodzie służbowym.

Motorniczy winien całkowicie panować nad wagonem w każdym wypadku i spełniać swoje obowiązki z jaknajwiększą starannością, sumiennością i przytomnością umysłu, pamiętając, że od niego zależy nie tylko bezpieczeństwo, lecz często i życie zarówno pasażerów, jak i przechodniów; całkowita więc uwaga motorniczego winna być skierowana na stan toru, sygnały konduktora, jak również na prawidłowość biegu wagonu; należy pamiętać, że każdy niezwykły szum, wytwarzany przez będący w ruchu wagon, jest zawsze spowodowany uszkodzeniem jego elektrycznego lub mechanicznego urządzenia.

Motorniczym jest surowo wzbronione:

- 1) prowadzenie wagonu bez konduktora lub zastępującej go osoby,
- 2) jechanie z tylnego pomostu,
- 3) jechanie jednym tylko motorem,
- 4) jechanie wieczorem z ciemnym przednim reflektorem,
- 5) jechanie z zepsutym hamulcem (patrz § 22 — Rozdział I, część IV),
- 6) zahamowanie wagonu bez uprzedniego wyłączenia prądu,
- 7) pozostawienie wagonu na postoju z odpuszczonym hamulcem,
- 8) pozostawienie na wagonie korby lub rączki regulatora albo też powierzanie takowych komukolwiek z wyjątkiem bezpośrednich zwierzchników, konduktora swojego wagonu, zmianowego motorniczego lub wyznaczonego motorniczemu praktykanta.
- 9) zasłanianie okularami lub w inny sposób swego numeru służbowego.

**UWAGA.** Niezastosowanie się do punktu 8 niniejszego paragrafu pociąga za sobą **niezwłoczną degradację lub wydalenie ze służby.**

## § 2.

### Przybory motorniczego.

Podczas pełnienia obowiązków motorniczy winien posiadać przy sobie:

- 1) swój dowód służbowy,
- 2) zegarek dokładnie wyregulowany podług zegarów stacyjnych lub ekspedycyjnych,
- 3) kartkę odjazdową,
- 4) gwizdawkę,
- 5) klucz wagonowy.

## § 3.

### Ostrzeżenie przechodniów.

Motorniczy winien ostrzegać w następujących wypadkach przechodniów i przejezdnych dzwonkiem nożnym:

- 1) przed ruszaniem wagonu zarówno ze stacji krańcowych, jak i z przystanków i chwilowych postojów na linii,
- 2) przy mijaniu i krzyżowaniu innych wagonów,
- 3) na skrzyżowaniu ulic i u wylotów ulic poprzecznych,
- 4) we wszystkich wypadkach, kiedy znajdują się przechodnie lub wehikuly na torze, między torami lub tuż obok toru.

Sygnal ostrzegawczy powinien być dawany o tyle wcześniej, żeby przejezdni i przechodnie mogli zawczasu usunąć się z toru; w razie jednak płoszenia się koni należy niezwłocznie przestać dzwonić, a nawet, o ile zajdzie tego potrzeba, wagon zatrzymać. Wogóle winien motorniczy wystrzegać się zbytniego dzwonienia, a przy mijaniu lub jeździe za konduktem pogrzebowym, przejeżdżaniu obok kościołów podczas odprawiania w nich nabożeństwa, dzwonić lekko i tylko w razie koniecznej potrzeby.

Nadto dla zwrócenia uwagi na jadący wagon może motorniczy posługiwać się grzechotką hamulcową lub gwizdkiem, lecz tylko wtedy, gdy dzwonek nożny dzwoni zbyt słabo.

#### § 4.

### Obowiązki przy objęciu służby.

Przed rozpoczęciem służby motorniczy winien przekonać się, czy wagon znajduje się w zupełnym porządku; w tym celu winien sprawdzić o ile obejmuje wagon w remizie:

- 1) czy korba i rączka regulatora są od właściwego wagonu,
- 2) czy hamulec ręczny jest dobrze wyregulowany,
- 3) czy wyłącznik główny i automat są włączone,
- 4) czy dzwonki nożne są w porządku,
- 5) czy piasecznice są napełnione, a przewody niezatkane i czy piasek sypie się na główkę szyn, (a nie w rowek albo obok),
- 6) czy zderzaki są zagwożdżone,
- 7) czy na wagonie znajduje się pręt do przestawiania zwrotnic,
- 8) czy pałak jest należycie ustawiony,
- 9) czy pudło wagonowe nie jest uszkodzone z zewnątrz,
- 10) odczytać i zapisać w swej kartce odjazdowej stan czasomierza (patrz § 8, rozdział V, część III).

W razie jeżeliby motorniczy zauważył jakąkolwiek nieprawidłowość w wagonie, winien niezwłocznie zameldować o tem zawiadowcy stacji, który komunikuje to majstrowi remizowemu lub dyżurnemu starszemu ślusarzowi i poprosić o doprowadzenie wagonu do należytego stanu lub o wyznaczenie innego wagonu.

Przy obejmowaniu wagonu na linii winien motorniczy sprawdzić:

- 1) czy piasecznice są napełnione i czy przewody nie są zatkane,
- 2) czy wagon nie ma zewnętrznych uszkodzeń,
- 3) wysłuchać objaśnień motorniczego, zdającego wagon, o stanie i biegu wagonu,
- 4) odczytać stan czasomierza i wpisać takowy w kartkę odjazdową motorniczego, zdającego wagon.

Działanie piasecznic, hamulca ręcznego i magnesowego winno być wypróbowane, o ile to jest możliwe, na przestrzeni do pierwszego przystanku zarówno przy wyjeździe z remizy, jak i przy objęciu wagonu na linii. Wyjeżdżając z remizy, należy zawsze skutecznie dwie próby, a mianowicie: pierwszą z wolnego biegu hamując łagodnie, a dopiero drugą z szybszego biegu hamując całą siłą. O ile w wagonie znajdują się już pasażerowie, to drugiej próby robić nie należy.

### § 5.

#### **Obowiązki przy ruszaniu wagonu.**

Przy ruszaniu wagonu z przystanku lub chwilowego postoju w drodze motorniczy obowiązany jest:

- 1) wyczekać sygnału konduktora,
- 2) zadzwonić głośno,
- 3) odhamować,
- 4) ruszać wolno.

Przy ruszaniu ze stacji krańcowej, na której niema ekspedycji, sygnał na odjazd daje motorniczy, lecz wolno mu ruszać dopiero wtedy, gdy sygnał zostanie powtórzony przez konduktora. O ile jednak na stacji krańcowej znajduje się ekspedycja, to sygnał odjazdowy, niezależnie od tego, skąd dany wagon jest ekspedjowany, podaje zamiast motorniczego ekspedytor — dzwonkiem elektrycznym lub gwizdawką.

Przy wyjeździe z remizy należy przekonać się przede wszystkim, czy bramy są dostatecznie otwarte, zahaczone i czy nie znajdują się ludzie na dachu wagonu lub w dole rewizyjnym, oraz w przejściu u bramy.

### § 6.

#### **Obowiązki podczas jazdy.**

W czasie ruchu wagonu motorniczy obowiązany jest stale patrzeć przed siebie, bacznie zwracając uwagę na stan toru i sieci nadziemnej, i trzymać ciągle lewą rękę na korbie regulatora, prawą zaś na korbie hamulca ręcznego.

Motorniczy obowiązany jest bezwarunkowo ściśle stosować się do rozkładu jazdy i przepisanej szybkości i pamiętać, że nie wolno mu jej przekraczać nawet w razie opóźnienia wagonu, spowodowanego na przykład przeszkodą na linii; nie wolno mu również zmniejszać przepisanej szybkości na końcu kursu, z obawy przyjechania zbyt wcześnie na krańcową stację.



**Bezwzględnie zabrania się motorniczemu podczas jazdy:**

- 1) kłaniać się komukolwiek,
- 2) rozmawiać z pasażerami lub kolegami,
- 3) wdawać się w rozmowy i kłótnie z przechodniami, dorożkarzami, woźnicami i t. p.,
- 4) zmniejszać szybkość dla przyjęcia na wagon lub wysadzenia kolegi, znajomego lub pasażera,
- 5) odejmować rąk od korby hamulcowej i regulatora,
- 6) patrzeć na zegarek,
- 7) przewieszać umundurowanie przez fartuch pomostu,
- 8) ruszyć z niezakończonym łańcuchem.

§ 7.

**Obowiązki na przystankach.**

Na przystankach należy wagon zatrzymać tak, ażeby tylny pomost znalazł się wprost słupa przystankowego. Jeżeli jednak przed samym wyjściem z wagonu znajdzie się chwilowy wykop, kupa śniegu, kałuża błota, to należy wagon zatrzymać cokolwiek dalej.

Na przystankach motorniczy winien pilnować, aby na przedni pomost nie wsiadało więcej osób, niż jest miejsc wolnych, stosując się do § 1 rozdz. IV części III i zawiadomić każdorazowo konduktora dzwonkiem sygnałowym o przybyciu nowego pasażera, choćby to był pracownik tramwajowy, mający prawo do bezpłatnego przejazdu. **Sygnał powinien motorniczy podać dopiero po dzwonku konduktora, ale przed ruszeniem wagonu.** Motorniczy winien baczyć, ażeby pasażerowie lub ich pakunki nie utrudniały mu przystępu do regulatora i hamulca. Jeżeli na przystanku skupi się dwa lub więcej wagonów, to po otrzymaniu od konduktora sygnału na jazdę motorniczy każdego wagonu winien dojechać do samego przystanku i tam zatrzymać wagon ponownie.

§ 8.

**Obowiązki na stacjach krańcowych.**

Na stacji krańcowej zakończonej pętlą, motorniczy winien:

- 1) zahamować wagon niezwłocznie po zatrzymaniu,
- 2) przestawić przednią tablicę czołową, tak, aby ponownie wskazywała nazwę krańcowej stacji w kierunku następnego kursu,
- 3) sprawdzić od czasu do czasu, a na wagonach, kursujących przez N.-Zjazd, za każdym kursem, działanie piasecznicy,
- 4) sprawdzić od czasu do czasu, czy piasecznice zawierają dostateczny zapas piasku,

5) obejrzeć wagon, czy przypadkiem nie został uszkodzony lub porysowany,

6) podczas deszczu, śniegu lub gołoledzi oczyścić podłogi pomostów i stopnie wagonowe oraz posypać je piaskiem;

nadto na stacji krańcowej niezakończonych pętla:

7) przenieść na drugi pomost korbę i rączkę regulatora, grzybek dzwonka nożnego i pręt do przestawiania zwrotnic, a na wagonach kursujących na Nowy-Zjazd, także piasecznicę ręczną,

8) założyć łańcuch pomostowy,

9) pomagać przy odczepianiu lub zezepianiu wagonu przyczepnego,

10) sprawdzić, czy pałak został przełożony przez konduktora.

Jeżeli na stacji krańcowej znajduje się ekspedytor, to motorniczy jest obowiązany niezwłocznie po przyjechaniu wręczyć ekspedytorowi swoją kartkę odjazdową celem odnotowania czasu przyjazdu i następnego odjazdu. Ekspedytorowi należy również zakomunikować o zauważonych niedokładnościach w wagonie, stanie toru i sieci i o ewentualnych wypadkach w odbytych tylko co kursie.

#### § 9.

### **Odległość między idącymi za sobą wagonami.**

Motorniczy obowiązany jest bezwzględnie prowadzić wagon tak, aby odległość między jego wagonem i wagonem idącym przed nim w żadnej chwili nie wynosiła mniej niż 30 kroków.

Na przystankach wagony mają zatrzymywać się w ten sposób, żeby odległość między zderzakami wynosiła conajmniej jeden krok.

W razie zatrzymania się większej ilości wagonów nie wolno ruszać jednocześnie. Wagon za wagonem może być uruchomiony w nie mniejszych, niż pięciosekundowych odstępach czasu.

W razie zaś większego skupienia się wagonów jednej i tej samej linii lub wagonów różnych linii, lecz idących na dłuższej przestrzeni tą samą drogą, motorniczowie drugiego i następnych wagonów winni jechać wolniej, ażeby powiększyć odległość między tymi wagonami i uniknąć w ten sposób jazdy grupami.

#### § 10.

### **Zmniejszanie szybkości jazdy.**

Szybkość należy zmniejszyć w następujących wypadkach:

- 1) w miejscach specjalnie oznaczonych okólnikami,
- 2) gdy wagon nabierze zbyt wielkiej szybkości,
- 3) gdy wagon jedzie po obslizgłych szynach albo też po spadku,

4) na skrzyżowaniach ulic i przy mijaniu ulic poprzecznych, jak również przerywaczy sekcyjnych (jechać bez prądu),

5) na ostrych łukach, rozjazdach i zwrotnicach bez względu na to czy są czynne, czy też nie czynne (patrz tablica Nr. 3 rys. 1),

6) przy dojeżdżaniu do przystanków, przyczem należy prąd o tyle wcześniej wyłączyć, żeby do kompletnego zatrzymania wagonu wystarczyło słabe zahamowanie hamulec ręcznym,

7) na prowizorycznych torach i zwrotnicach,

8) w razie gdy tor nie jest zupełnie wolny lub w razie zauważenia przeszkody na torze lub w bezpośredniej bliskości takowego, jak np.: mijania wozów, tłumu stojącego na chodnikach blisko toru, procesji, pochodów, pogrzebów, oddziałów wojska i t. d., przyczem o ile idą one po torach, jechać tuż za nimi w odpowiedniej odległości,

9) na żądanie zwierzchności, upoważnionych do tego pracowników tramwajowych, lub na żądanie policji,

10) w tych miejscach, gdzie dozór linii umieścił w dzień zieloną tarczę, w nocy zaś zieloną latarnię, lub gdzie zajęci są robotnicy przy reparacji toru, bruku lub sieci przewodników nadziemnych,

11) podczas silnej mgły lub zamieci,

12) jeżeli w niewielkiej odległości przed wagonem znajduje się w biegu drugi wagon.

## § 11.

### Zatrzymywanie wagonów.

Motorniczy obowiązany jest zatrzymywać wagony:

1) na wszystkich przystankach (patrz § 7 część IV rozdział II),

2) na tych zwrotnicach, które musi sam przestawić,

3) dla przepuszczenia krzyżującego wagonu (patrz § 14 część IV rozdział II),

4) na zwykły lub alarmowy sygnał konduktora,

5) w razie gdy pasażerowie przedniego pomostu utrudnialiby jazdę,

6) w razie gdy zachodzi obawa zderzenia, uderzenia lub zawadzenia o wóz stojący obok toru,

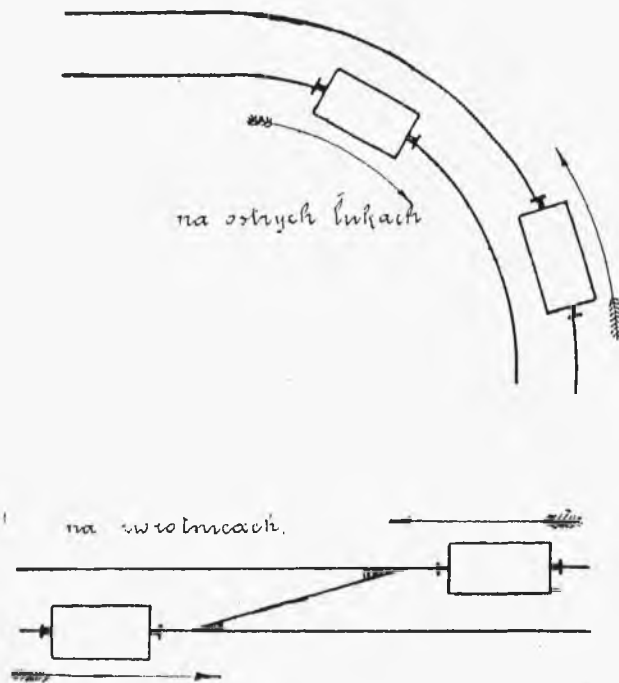
7) w razie najechania,

8) w razie zagrodzenia drogi przez procesję, pochody, zbiegowiska, pogrzeby, oddziały wojska, straż ogniową, przechodniów, wozy lub jakąkolwiek bądź przeszkodę, nie wyłączając silnie wystającego z bruku lub leżącego na szynach kamienia.

9) w razie płoszenia się koni,

10) na żądanie zwierzchności i upoważnionych do tego pracowników tramwajowych, jak również i na żądanie policji,

# Zmniejszanie szybkości jardy. -



Tablica 3.

- 11) wszędzie, gdzie dozór linii ustanowi w dzień czerwoną tarczę, w nocy zaś czerwoną latarnię,
- 12) przy mijaniu rozkopów,
- 13) w razie zauważenia uszkodzenia toru lub zerwanego przewodnika,
- 14) w razie uszkodzenia wagonu, specjalnie zaś zepsucia się hamulców, dzwonka, zgaśnięcia światła w reflektorze lub w razie zauważenia jakiegokolwiek bądź nieprawidłowości w biegu wagonu.

#### § 12.

### **Jazda na silnych spadkach.**

Na silnych spadkach jak np. na Nowym Zjeździe należy wyłączyć prąd zawczasu i przejść na I-szy kontakt hamulca magnesowego, przyciągając w miarę potrzeby i hamulec ręczny w celu dokładniejszego regulowania szybkości wagonu, jak również, aby być w możności zatrzymania go jaknajprędzej w razie potrzeby.

#### § 13.

### **Z w r o t n i c e.**

Motorniczy obowiązany jest sam nastawiać te zwrotnice, które nie są obsługiwane przez zwrotnicznych. Nie wolno wjeżdżać na zwrotnice, jeżeli iglice nie przylegają dokładnie do szyn; nie wolno również sypać piasku na zwrotnicach. Wogóle zaś na zwrotnice, niezależnie od tego, czy są czynne czy nieczynne, należy wjeżdżać powoli, bez prądu i nawet z przyciągniętym cokolwiek hamulcem, jeżeli wagon ma zbyt wielki jeszcze rozpęd. W razie jednak, gdyby szybkość wagonu była tak mała, że wagon mógłby się zatrzymać, wolno przejść na chwilę na kontakt pierwszy (1) lub najwyżej drugi (2).

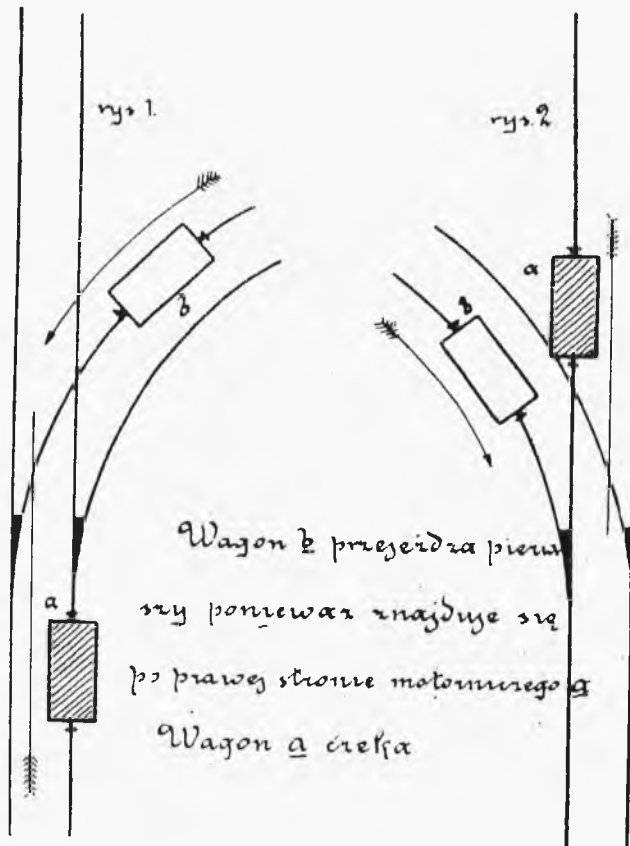
Przy mijaniu się 2-ch wagonów w miejscu, gdzie znajdują się międzytorowe rozjazdy, należy zmniejszyć szybkość wagonu, wjeżdżającego na ostrze iglicy zwrotnicowej o tyle, aby wagon, idący w kierunku przeciwnym, zdążył minąć rozjazd.

#### § 14.

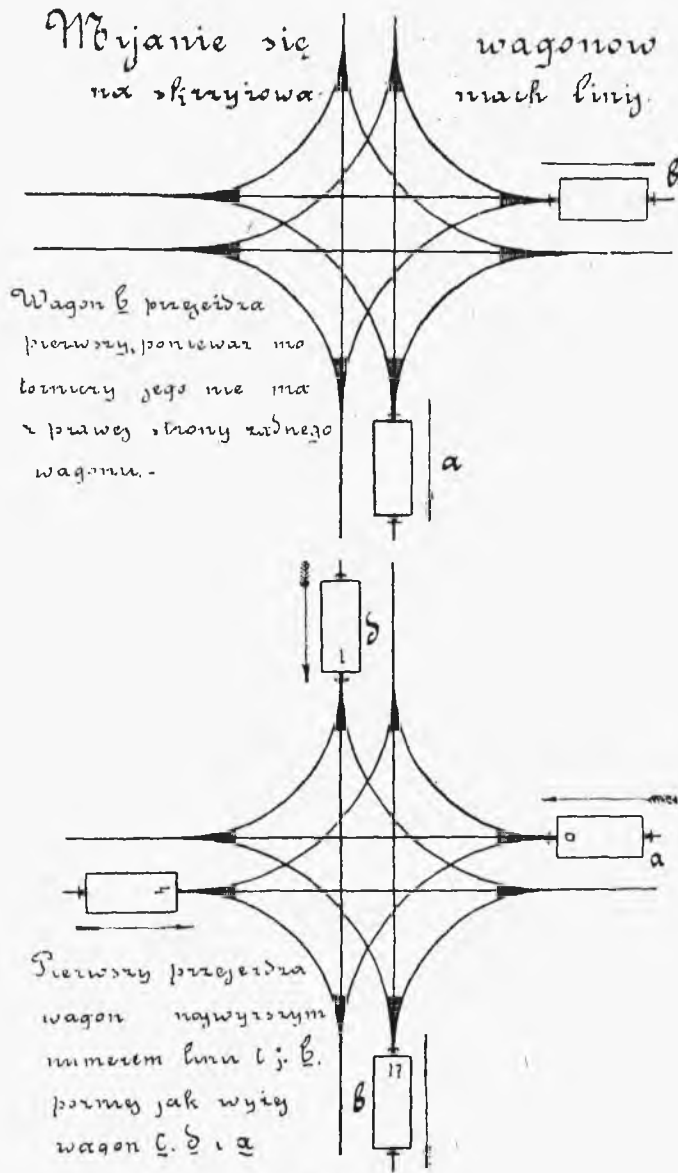
### **Porządek krzyżowania się wagonów.**

Na skrzyżowaniach torów i na rozjazdach pierwszeństwo przejazdu ma wagon, znajdujący się po prawej ręce motorniczego. Jeżeli więc motorniczy krzyżuje wagon, znajdujący się po jego lewej stronie, to przejeżdża nie zatrzymując się, jeżeli zaś napotka wagon z prawej strony, to winien się zatrzymać w celu przepuszczenia napotkanego wagonu (patrz tablica Nr. 4 i 5 rys. 1-szy).

# Mijanie się wagonów na rozgałęzieniach linii



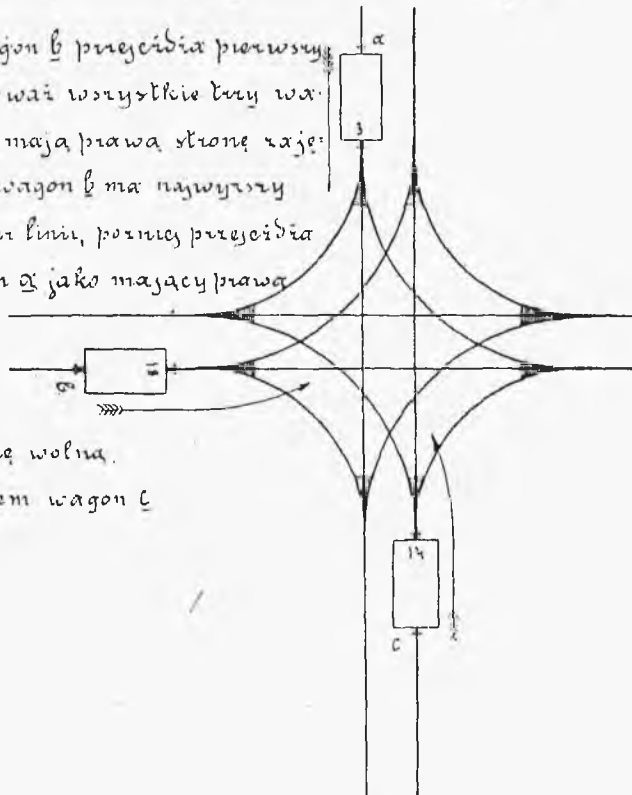
Tablica 4.



Tablica 5.

## Mijanie się wagonów na skrzyżowaniach linii.

Wagon  $\beta$  przejeżdża pierwszy  
ponieważ wszystkie trzy wa-  
gony mają prawa stronę przeje-  
żdża, a wagon  $\beta$  ma najwyższy  
numer linii, potem przejeżdża  
wagon  $\alpha$  jako mający prawa



Tablica 6.



O ile zjadą się na rozjeździe 4 wagony, nadjeżdżające z 4-ch stron (patrz tabl. 5 rys. 2), lub 3 wagony tak (patrz tabl. 6), iż każdy z motorniczych ma po prawej stronie wagon, wówczas najpierw winien być przepuszczony wagon linii, opatrzonej najwyższym numerem linjowym, pozostałe zaś wagony przejeżdżają w powyżej wskazanym porządku.

§ 15.

**Pchanie uszkodzonego wagonu.**

Jeżeli uszkodzenie wagonu uniemożliwia udanie się w dalszą drogę, należy, ściągnawszy pałąk i dowiązawszy linkę pałąkową do zderzaka, przyczepić wagon do innego wagonu motorowego i sprowadzić do remizy; przytem należy się starać, ażeby uszkodzony wagon był ciągniony, a nie pchany. Gdyby jednak nie można było osiągnąć tego odrazu, należy dopchać wagon do najbliższego rozjazdu i tam zwękslować.

§ 16.

**Jazda z tylnego pomostu.**

**Jazda z tylnego pomostu jest motorniczym surowo wzbroniona** i dozwolona tylko bezpośredniej zwierzchności do instruktora włącznie, tym ostatnim jednak tylko wtedy, gdy niema możliwości usunięcia z linii uszkodzonego wagonu, bez dłuższego przerwania ruchu.

Przy prowadzeniu wagonu z tylnego pomostu należy usunąć wszystkich pasażerów i otworzyć drzwi wagonowe naprzestrzał. Konduktor staje na przednim pomoście tak, aby nie zasłaniał widoku prowadzącemu wagon, ale aby jednocześnie ten ostatni widział konduktora, i nieustannie dzwoni dzwonkiem nożnym; prowadzący zaś wagon, stojąc przy tylnym regulatorze bokiem, jedzie powoli i z całą ostrożnością.

§ 17.

**Jazda z praktykantem.**

Motorniczy, jadący z praktykantem, jest odpowiedzialny za regularną i bezpieczną jazdę, jak również za całość wagonu; dlatego też motorniczy winien stać obok praktykanta w ten sposób, aby nie tracić panowania nad wagonem i aby móc w każdej chwili przyjść praktykantowi z pomocą. Wszelkie rozmowy z praktykantem są surowo wzbronione. Motorniczemu wolno tylko dawać krótkie i rzeczowe wskazówki, dłuższych zaś objaśnień może motorniczy udzielać tylko na postojach.

§ 18.

**Nagle zaślabnięcie.**

W razie nagłego zaślabnięcia motorniczego w drodze, o ile nie może on dojechać do ekspedycji i poprosić o zastąpienie go zmianowym motorniczym, to ma prawo zdać wagon pierwszemu napotkanemu instruktorowi lub kontrolerowi. Gdyby motorniczy i ich jednak nie napotkał, to wagon należy uważać za zepsuty i przyczepić do innego wagonu kursowego.

§ 19.

**K o n t r o l a.**

Prawidłowość jazdy motorniczych sprawdza zwierzchność, przede wszystkim zaś instruktorzy i kontrolerzy w dwojaki sposób: albo dorwczo bądźto z linii, bądźto z przedniego lub tylnego pomostu, albo też przez przejechanie z motorniczym całego kursu. Ta ostatnia kontrola winna się odbywać w odstępach czasu nie większych, niż miesięcznych.

Przy kontroli jazdy będzie zwrócona uwaga głównie:

- 1) na tak zwaną kawalerską jazdę,
- 2) na prawidłowe dojeżdżanie do przystanków i hamowanie,
- 3) na prawidłowe branie „9”,
- 4) na wskazówki czasomierza.

§ 20.

**Zakończenie służby.**

Po skończonej służbie, a na linii Okólnej po skończonym kursie, motorniczy winien zdać zahamowany wagon swemu następcy, wręczając mu korbę i rączkę regulatora, zakomunikować mu o wszystkich zauważonych brakach i niedokładnościach, odczytać wspólnie ze zmieniającym go motorniczym stan czasomierza i wpisać takowy do jego kartki odjazdowej oraz podać mu swoją kartkę odjazdową dla wpisania tego stanu czasomierza.

Zdając zaś wagon w remizie, motorniczy winien wjechać na wskazany mu przez dyżurnego ślusarza tor, zatrzymać wagon nad dołem rewizyjnym, zahamować, zdjąć korbę i rączkę regulatora i złożyć je pod najbliższą ławkę wagonu, otworzyć wyłącznik główny lub automat, odczytać stan czasomierza i wpisać takowy w kartkę odjazdową, otworzyć drzwiczki przedniego pomostu oraz łańcuch i wreszcie zameldować majstrowi remizowemu lub dyżurnemu starszemu ślusarzowi o wszelkich uszkodzeniach i brakach wagonu.

Kartkę odjazdową oddaje motorniczy w kancelarji zawiadowcy stacji.

ROZDZIAŁ III.

## Przepisy specjalne dla konduktorów.

### § 1.

Konduktorzy obowiązani są:

- 1) znać dokładnie miasto, kierunki i numery wszystkich linii tramwajowych, położenie przystanków i początek i koniec oddzielnych sekcji,
- 2) być dokładnie obznajmionymi ze wszystkimi gatunkami biletów i marek, jak również rodzajami znaków i legitymacji, dających prawo ich posiadaczom bezpłatnego lub ulgowego przejazdu tramwajami miejskimi w Warszawie,
- 3) sprawdzić, czy w otrzymanych paczkach biletowych nie znajdują się przypadkiem omyłki w numeracji, druku i t. d.
- 4) baczyć, aby wszyscy pasażerowie posiadali bilety,
- 5) postępować z publicznością zgodnie z § 6 cz. IV rozdz. I,
- 6) czuwać nad zachowaniem porządku, nad całością i czystością wagonu,
- 7) szybko załatwiać wszystkie czynności wewnątrz wagonu i możliwie prędko powracać na tylny pomost, zajmując miejsce przeznaczone dla konduktora.

### § 2.

#### Przybory konduktorskie.

Podczas pełnienia służby konduktor obowiązany jest posiadać przy sobie:

- 1) swój dowód służbowy,
- 2) torbę,
- 3) okładkę z cedulą biletową i ołówkiem obwiązany gumką,
- 4) odpowiednią ilość biletów wszystkich gatunków,
- 5) formularze na pobraną zapłatę za uszkodzenie wagonu,
- 6) notes,
- 7) ścierkę,
- 8) gwizdawkę,
- 9) klucz wagonowy i w czasie zimowym kluczyk do wyłączników obwodów ogrzewalnych.

### § 3.

#### Obowiązki przy objęciu służby.

Przed rozpoczęciem służby konduktor winien przekonać się, czy wagon znajduje się w zupełnym porządku. W tym celu winien sprawdzić, o ile obejmuje wagon w remizie:

- 1) Czy wszystkie obwody świetlne, a w porze zimowej obwody ogrzewalne, są w porządku,
- 2) czy pałak lekko chodzi, jest należycie ustawiony i zatrzaśnięty,
- 3) czy dzwonki sygnałowe należycie działają,
- 4) czy skrzynka narzędziowa jest zaplombowana,
- 5) czy planiki, numery i tablice linjowe boczne i czołowe są właściwe i czy te ostatnie wskazują należyty kierunek jazdy,
- 6) czy łańcuchy pomostowe są w porządku, a drzwiczki pomostowe założone z lewej strony i zamknięte na klucz,
- 7) czy klapki okienne są zamknięte na klucz,
- 8) czy wagon nie jest porysowany lub uszkodzony, a zwłaszcza czy szyby nie są popękane lub pobite, rolety i rzemienie są w porządku, czy zasuwki od pobierania opłaty od pasażerów w drzwiach wagonowych lekko chodzą.

9) czy wagon jest należycie wyczyszczony.

W razie zauważenia jakiegokolwiek braku w wagonie należy postąpić zgodnie z § 5 rozdz. I część IV.

Przed wyruszeniem w drogę należy założyć haczyk na korbę hamulca ręcznego tylnego.

Przy obejmowaniu wagonu na linii konduktor winien przekonać się:

- 1) czy wagon nie jest uszkodzony,
- 2) czy skrzynka narzędziowa jest zaplombowana,
- 3) wysłuchać objaśnień konduktora, zdającego wagon, odnośnie do stanu wagonu.

#### § 4.

### Obowiązki na przystankach.

Na trzydzieści kroków przed przystankiem konduktor winien głośno i wyraźnie obwieścić w przepisany sposób nazwę ulicy poprzecznej, placu lub gmachu ogólnie znanego, w pobliżu których znajduje się przystanek, a na przystankach sekcyjnych oprócz tego ogłosić jakie bilety stały się nieważne.

Po zatrzymaniu się wagonu, konduktor winien wysiąść pierwszy i, stanąwszy przy stopniach wagonowych, nie wpuszczać nikogo, dopóki wszyscy pragnący wysiąść nie zdążą opuścić wagonu.

Osobom wysiadającym należy okazywać pomoc, wysiadające dzieci lub osoby niedołążne odprowadzić aż do chodnika. Osobom wsiadającym należy ogłaszać kierunek jazdy, wskazywać niezajęte miejsca i być również pomocnym przy wsiadaniu.

Konduktor winien baczyć, aby wsiadanie i wysiadanie odbywało się szybko i zapobiegać tłoczeniu się i wzajemnemu popychaniu pasażerów.

Sygnалу na odjazd nie wolno podawać z wnętrza wagonu, lecz wyłącznie z tylnego pomostu i dopiero wtedy, gdy się konduktor przekona, że wszyscy już weszli do wagonu i nikt nie nadbiega.

O ileby ktokolwiek z jadących spostrzegł już po ruszeniu, że wsiadł do niewłaściwego wagonu, nie należy zatrzymywać wagonu i dopuszczać, żeby pasażer wyskoczył, lecz dowieść go do najbliższego przystanku bez pobrania zapłaty.

### § 5.

#### **Obowiązki na stacjach krańcowych.**

Na stacji krańcowej zakończonej pętlą, konduktor jest obowiązany:

1) przestawić tylną tablicę czołową tak, aby ponownie wskazywała nazwę krańcowej stacji w kierunku następnego kursu,

2) pozostać podczas objazdu pętli bezwarunkowo na przeznaczonym dla konduktora miejscu na tylnym pomoście,

3) baczyć, aby podczas objazdu pasażerowie nie wsiadali, a o ile wagon motorowy idzie z przyczepnym, uważać czy ten ostatni przypadkiem się nie wykoleja,

4) sprawdzić po zatrzymaniu się wagonu, czy nie pozostały jakiegokolwiek przedmioty zapomniane przez pasażerów,

5) obejrzeć wagon, czy nie został uszkodzony przez pasażerów,

6) przewietrzyć wagon,

7) obetrzeć ściereczką podczas deszczu lub śniegu tarczę regulatorów, antaby i poręcze fartuchów i drzwiczek pomostowych.

Nadto na stacji krańcowej, nie zakończonej pętlą:

8) odczepić wagon przyczepny,

9) zahamować wagon tylnym hamulcem niezwłocznie po zatrzymaniu,

10) przełożyć ostrożnie pałąk i sprawdzić, czy jest należycie zatrzaśnięty,

11) przenieść zewnątrz wagonu drzwiczki pomostowe, założyć je i zamknąć na klucz,

12) przełączyć oświetlenie tak, żeby świecił reflektor w kierunku ponownego kursu,

13) otworzyć z klucza jedno drzwi i zamknąć na klucz drugie,

14) założyć haczyk na korbę hamulca ręcznego tylnego.

O ile na stacji krańcowej znajduje się ekspedycja, to należy zakomunikować ekspedytorowi o zaszłych ewentualnie wypadkach.

§ 6.

**Miejsce konduktora.**

Po ukończeniu rozdawania biletów, co należy uskutecznić szybko, lub też dojeżdżając do przystanku, konduktor obowiązany jest zająć na tylnym pomoście miejsce wskazane przez odpowiedni napis. Z miejsca tego konduktor winien baczyć na porządek wewnątrz wagonu i drogę z tyłu, będąc zawsze, a w szczególności na spadkach, w pogotowiu do zahamowania wagonu na alarmowy sygnał motorniczego.

§ 7.

**Stosunek do publiczności.**

Dzielenie pasażerów na klasy jest konduktorowi wzbronione; wolno mu tylko, jeżeli zauważy, że komuś mogłoby zależeć na różnicy w cenie biletu, zwrócić w uprzejmy sposób uwagę, że jest przedział tańszy.

Przeciskając się między pasażerami, winien konduktor wystrzegać się: rozpychania pasażerów, deptania im po nogach, opierania się o osoby jadące, podawania biletów lub sięgania po należność tuż przed twarzą pasażera i t. d.

Konduktor winien nie wpuszczać do wagonu:

- 1) osób nietrzeźwych,
- 2) niechlujnie odzianych i mogących swoją odzieżą zawalać pasażerów lub wagon,
- 3) kalek, wzbudzających odrazę lub mogących tylko z trudnością wsiąść lub wysiąść z wagonu nawet przy pomocy konduktora,
- 4) pasażerów z psami, kotami i innymi zwierzętami lub ptakami,
- 5) pasażerów z kuframi, dużymi pakunkami i wogóle przedmiotami, które objętością, przykrą wonią lub z innego powodu, mogłyby przeszkadzać pasażerom,
- 6) żebraków, przekupniów chcących targować w wagonie, chłopców sprzedających gazety i t. p.

Konduktor obowiązany jest uważać:

- 1) żeby pasażerowie nie stali w przejściu lub między ławkami, na miejscu konduktora, na stopniach wagonu, i żeby nie trzymali na pomościach otwartych parasoli,
- 2) żeby pasażerowie nie palili w wagonie tytoniu, nie pisali po ścianach, nie pluli na podłogę, nie wychylali się z okien,
- 3) żeby pasażerowie nie stawiali na siedzeniach małych dzieci lub pakunków, mogących zanieczyścić siedzenie,
- 4) żeby ulicznicy nie czepiali się zderzaków lub stopni wagonu.

W razie uszkodzenia wagonu przez pasażera należy zażądać **w grzeczny** ale stanowczy sposób odszkodowania i wydać odpowiednie pokwitowanie; zainkasowaną sumę należy złożyć przy piśmiennym raporcie zawiadowcy stacji. Jeżeliby jednak pasażer odmówił uiszczenia należności, to konduktor winien zanotować udowodnione paszportem lub innym dokumentem nazwisko i adres pasażera, ewentualnie wezwawszy pomocy organów policyjnych w razie oporu.

Konduktor winien przychodzić z pomocą pasażerom przy zatrzymywaniu złodzieiów kieszonkowych, starać się taktownie przerywać nieporozumienia między pasażerami, jakie mogłyby wyniknąć z powodu zajmowania miejsc i t. p.

W razie zatargu z pasażerami lub publicznością, naruszenia przez nią porządku w wagonie lub niestosowania się do przepisów obowiązujących, **konduktor winien wystrzegać się podnoszenia głosu i wszczynania sporu, lecz starać się załatwić nieporozumienie spokojnie i taktownie**; o ile to nie poskutkuje, poprosić pasażera o opuszczenie wagonu. **Do interwencji organów policyjnych wolno jest uciekać się tylko w ostatecznej konieczności.** Jeżeli pasażer ubliży konduktorowi, wtedy konduktor bezwarunkowo **spokojnie i grzecznie**, nie wywołując zamieszania, powinien poprosić o adres dwóch pasażerów, którzy zechcą służyć za świadków. O zajściu winien konduktor złożyć na ręce Zawiadowcy stacji raport do Wydziału Służby i w czasie wolnym od zajęć zgłosić się do Dyrekcji dla otrzymania wskazówek, jaką drogą ma dochodzić swojej krzywdy. Konduktorzy, jak wogóle cała służba, nie stosując się do niniejszego, na bezpłatną poradę prawną i poparcie swojej sprawy ze strony Dyrekcji w wypadku zajścia z publicznością liczyć nie mogą.

Wymierzać samemu sobie sprawiedliwość **jest wzbronione.**

## § 8.

### **Wskakiwanie i wyskakiwanie z wagonu w biegu.**

Konduktor obowiązany jest przestrzegać pilnie, aby nikt nie wskakiwał do wagonu lub nie wyskakiwał z tegoż, podczas gdy wagon znajduje się w biegu lub jeszcze zupełnie się nie zatrzymał. Jeżeliby jednak ktokolwiek zdołał dostać się na stopień podczas biegu, to surowo wzbronione jest konduktorowi chwytanie za ramię lub dotykanie się w jakikolwiek sposób takiej osoby, natomiast w razie zauważenia, że wskakujący znajduje się w niebezpieczeństwie, należy wagon zatrzymać.

Zarówno służbie wagonowej, jak i pasażerom nie wolno stać na stopniach wagonu w czasie biegu.

§ 9.

**Przepełnienie wagonu.**

Konduktor obowiązany jest przestrzegać, żeby ilość osób w wagonie nie przekraczała przepisanej normy. Gdy wagon jest zapełniony, konduktor winien wywiesić na tylnym pomoście umieszczoną na daszku wagonu tabliczkę „niema miejsca”, bacząc jednak, ażeby po ubyciu choć jednego pasażera z wagonu, napis ten był z powrotem odwrócony.

O ile do wagonu weszła większa ilość osób, niż przepisy pozwalają, to nie wolno podać sygnału na odjazd, lecz należy osoby, które weszły ponad komplet, prosić **uprzejmie** ale stanowczo o opuszczenie wagonu, powołując się w razie potrzeby na postanowienie obowiązujące i napisy i **uciekając się tylko w ostateczności do pomocy policji.**

**UWAGA.** Do liczby pasażerów, znajdujących się w wagonie, nie należy w tym wypadku wliczać zwierzchników.

§ 10.

**Przejazd wśród tłumu.**

W czasie przejazdu wśród tłumu, zbiegowisk lub przy zbliżaniu się pochodów, procesji, konduktów pogrzebowych i t. p., konduktor obowiązany jest postępować w odległości kilku kroków przed wolno jadącym wagonem i ostrzegać publiczność uwagą:

„baczność” lub „proszę na bok”.

§ 11.

**Zamykanie drzwiczek, drzwi i okien.**

W wagonie motorowym winny być założone i zamknięte drzwiczki pomostowe z lewej strony, w przyczepnym nadto i przednie prawe drzwiczki.

Drzwi przednie w wagonie motorowym są stale zamknięte na klucz i nie wolno ich konduktorowi otwierać dla przepuszczenia lub wypuszczenia pasażerów. W wagonie przyczepnym są przednie drzwi zamknięte (nie na klucz). Zarówno w wagonie motorowym, jak i przyczepnym mają być tylne drzwi podczas chłodów stale zasunięte i, o ile wsiadający pasażer drzwi za sobą nie zamknął, winien to uczynić konduktor, wystrzegając się trzaskania nimi. W lecie tylne drzwi są otwarte i zaczepione na haczyk.

Okna może otwierać wyłącznie konduktor, przyczym dozwolone mu jest otwieranie albo wszystkich okien z jednej strony, albo wszyst-



kich okien z obu stron wagonu, stosownie do znaków wywieszonych w ekspedycjach, przyczem cyfra „1” oznacza otworzyć okna z jednej strony wagonu, a cyfra „2” — otworzyć okna z obu stron.

Otwieranie lub zamykanie części tylko okien jest wzbronione.

W razie przeciagu winien konduktor pozamykać niezwłocznie wszystkie okna z jednej strony wagonu. Podczas deszczu należy pozamykać okna, a nie zadowalać się opuszczeniem tylko firanek.

Klapki okienne powinny być przy zamkniętych i otwartych oknach stale zamknięte na klucz, rzemienie zaś pochowane.

## § 12.

### Zapalanie światła.

Konduktor winien włączać światło w wagonie:

1) rano w zimie dopóki nie rozwidnieje, jeden obwód z przednim reflektorem,

2) podczas burzy z piorunami, we dnie jeden obwód,

3) z nastaniem zmroku — oba obwody.

Ponieważ zawsze winny się palić: przednia lampka reflektorowa i tylna peronowa, więc na stacjach krańcowych, nie zakończonych pętlą, należy przestawić przełącznik. Przed nastaniem zmroku powinien konduktor wagonu przyczepnego wziąć z ekspedycji linkę oświetleniową i niezwłocznie ją założyć. W razie zagaśnięcia jednego z obwodów oświetleniowych należy przedewszystkiem sprawdzić, czy się bezpiecznik nie przepalił; w tym celu odkręca się gałkę bezpiecznika, wyłączwszy uprzednio obwód przełącznikiem lub wyłącznikiem, i zakłada nowy korek, o ile się stary przepalił; gdy się jednak okaże, że korek jest cały, należy obwód włączyć i sprawdzić lampką probierczą wszystkie żarówki danego obwodu. Uszkodzoną lampkę znajdzie się z łatwością, gdyż z chwilą włączenia probierczej lampki w kontakt tejże, zaświecą się wszystkie lampki danego obwodu. Odnalazwszy w ten sposób uszkodzoną żarówkę, należy na jej miejsce wkręcić zapasową. W razie przepalenia się przewodników, należy uszkodzony obwód wyłączyć, a o ile jest to obwód przełącznikowy, wykręcić żarówkę z przedniego reflektora i wstawić na jej miejsce świecę stearynową.

## § 13.

### Włączanie ogrzewania.

W zimie należy wagony ogrzewać; przy temperaturze poniżej 5 stopni R. włącza się jedną parę piecyków, przy mrozie zaś 15-stopniowym — wszystkie cztery piecyki. Dokładny czas, kiedy należy włączać

ogrzewanie, ile i jakie piecyki, podają każdorazowo ekspedytorzy, za pomocą znaku wywieszonego w ekspedycji: cyfra „1” oznacza—włączyć jeden obwód, cyfra „2” — dwa obwody.

W razie przepalenia się bezpiecznika nie wolno jest konduktorowi zakładać świeżych korków, lecz należy zameldować ekspedytorowi, który, sprawdziwszy, że obwód ogrzewalny jest wyłączony, wyda odpowiednie pozwolenie. W ostatnim kursie, conajmniej na dwa przystanki przed dojechaniem do remizy, należy ogrzewanie wyłączyć.

#### § 14.

### Postępowanie z biletami.

Konduktor jest obowiązany zaopatrzyć wszystkich pasażerów w bilety **natychmiast** po zajęciu przez nich miejsc, nadto na linii Okólnej sprawdzić przy obejmowaniu wagonu bilety osób jadących.

Bilety są zwyczajne i powrotne: pierwsze wydaje się przy jeździe „tam” (T), drugie przy jeździe „napowrót” (N). Bilet w I-szej klasie kosztuje 7 kop., w II-giej klasie 5 kop., dziecięce — 3 kop. za kurs wynoszący cztery sekcje. Dzieciom do lat dziesięciu należy wydawać bilety dziecięce, dzieci zaś mające mniej niż rok są od opłaty zwolnione, o ile nie zajmują oddzielnego miejsca. Uczniowie zakładów naukowych warszawskich, o ile są w przepisany dla nich umundurowaniu i okażą swoją matrykulę, płacą w dni powszednie do godziny 5-tej po południu, a w niedziele i święta do 1-szej po południu, w klasie I-szej — 5 kop., w klasie II-giej — 3 kop. za kurs. Studenci uniwersytetu, politechniki i instytutu weterynaryjnego, jak również słuchacze Szkoły Technicznej Wawelberga i Rotwanda, płacą powyższą taksę w przeciągu całego dnia bez względu na niedziele i święta.

Od pasażerów, korzystających z biletów terminowych płatnych, ulgowych lub bezpłatnych, należy żądać każdorazowo w **grzeczny**, ale stanowczy sposób, okazania znaku lub biletu i **zapisać bezwarunkowo numer takowego w cedula**. Pracownicy Tramwajów Miejskich w Warszawie winni okazać konduktorowi swój dowód służbowy i mogą wtedy jechać bezpłatnie na służbę, ze służby, lub w interesach służbowych na przednich pomostach wagonów motorowych i przyczepnych w liczbie nie większej, niż dwóch pracowników na każdym pomoście, o ile są w czapkach mundurowych z godłem tramwajowem i numerem służbowym lub godłem i znacznikiem wydziału, do którego należą.

Przy rozdawaniu biletów konduktor winien wymienić **głośno** wartość otrzymanej monety; fałszywe monety należy zwracać pasażerom **w uprzejmej formie**; na otrzymanych markach powinien konduktor wypisywać swój numer służbowy. Konduktor nie jest obowiązany przyjmo-

wać od pasażerów monety do zmiany. **Konduktor jest obowiązany odrywać z paczki bilety w oczach jadącego, dla każdego pasażera oddzielnie, natychmiast po otrzymaniu należności i kreślić takowe we właściwy sposób.** W razie, jeżeli pasażer jedzie ponad jeden kurs i zechce zapłacić za dwa kursy z góry, należy wydać pasażerowi **zaraz oba bilety**, kreśląc je odpowiednio. Biletów mylnie kreślonych lub nie w porę oddartych z paczki **nie wolno pod żadnym pozorem wydawać publiczności lub zatrzymywać przy sobie, lecz należy je natychmiast niszczyć.** O ile konduktor popełnił podobną pomyłkę w obecności kontrolującego, wolno mu jest mylnie kreślony lub wydarty bilet przedstawić kontrolerowi do poświadczenia i złożyć następnie Dyrekcji przy raporcie.

Przy wydawaniu biletów należy, ze względu na zdrowie publiczne, wystrzegać się zwilżania palców śliną, a używać gumki, którą obowiązany jest koniec ołówka. **Niewolno ostatnich biletów paczki odrywać od grzbietu i dołączać do następnej paczki.**

Po ukończeniu rozdawania biletów powinien konduktor, w celu uniknięcia przeoczeń, zapytać się pasażerów, czy wszyscy już otrzymali bilety.

Na linii Okólnej konduktor wpisuje po ukończonym kursie numery ostatnich biletów w cedułę swego następcy w rubryce „obce bilety“.

W razie nagłego zasłabnięcia w drodze, konduktor oddaje pustą torbę i bilety kontrolerowi lub instruktorowi, który wpisuje mu do ceduły ostatnie numery otrzymanych paczek.

Przy ruchu wahadłowym kontrolerzy lub instruktorzy kładą na biletach przesiadających się pasażerów swój stempelek i tylko pasażerowie posiadający takie bilety mogą jechać dalej innymi wagonami. W razie zaś uszkodzenia wagonu, pasażerowie mają prawo przesiąść się do następnego wagonu tejże linii, bez względu na to, czy bilety ich zostały ostemplowane.

#### § 15.

### C e d u ł a.

Konduktor obowiązany jest wypełniać ołówkiem kopjowym w przepisany sposób swoją cedułę i kartkę kontroli wolnych miejsc, o ile tę ostatnią otrzymał.

Wpisywanie do ceduły i kartki kontroli danych nieprawdźwycy, zarówno, jak wycieranie, poprawianie lub skrobanie liczb jest surowo wzbronione. Mylnie wpisaną liczbę obowiązany jest konduktor przekreślić jedną kreską i wpisać liczbę właściwą obok przekreślonej lub ponad nią.

Po ukończeniu służby należy wypełnioną cedułę, kartkę kontroli wolnych miejsc i pieniądze zdać na stacji w przepisany przez Dyрекcję sposób.

§ 16.

### **K o n t r o l a .**

Czynności konduktora podczas jazdy sprawdza zwierzchność, przede wszystkim zaś kontrolerzy i instruktorzy.

Z chwilą zjawienia się kontrolera w wagonie, konduktor obowiązany jest natychmiast zaprzestać wydawania biletów i przedstawić kontrolerowi cedułę, kartkę kontroli wolnych miejsc i paczki biletowe. W razie jeżeli nie wszyscy jeszcze pasażerowie zaopatrzeni zostali w bilety lub jeżeli konduktor popełnił jakąkolwiek omyłkę, **winien za-  
wiadomić o tem kontrolera przed rozpoczęciem kontroli, gdyż późniejsze  
wyjaśnienia uwzględniane nie będą.**

§ 17.

### **Znalezione rzeczy.**

Konduktor winien uważać, żeby pasażerowie wysiadając nie zostawiali swoich rzeczy i sprawdzać po każdym kursie, czy w wagonie nic nie pozostało.

Znalezionych przedmiotów nie wolno zwracać, ani też opisywać osobom obcym, lecz należy je złożyć po ukończeniu służby na stacji, podając numer linii, numer wagonu i dokładny czas znalezionego przedmiotu. Przedmioty większych rozmiarów wolno pozostawić w ekspedycji po ukończeniu kursu i zabrać na stację po ukończeniu służby.

Za znalezione w wagonie przedmioty lub pieniądze odpowiada konduktor.

§ 18.

### **Rozwożenie poczty służbowej.**

Konduktorzy obowiązani są przyjmować wręczone im na linii papiery służbowe dla niezwłocznego doręczenia pod właściwym adresem Dyrekcji, stacjom, remizom lub ekspedycjom. O ile zachodzi potrzeba przekazania poczty innemu konduktorowi dla doręczenia pod właściwym adresem, to konduktorzy winni wzajemnie odnotować swoje numery służbowe. Dostarczanie poczty nie może wpływać na niezachowanie czasu trwania kursu przepisanego rozkładem jazdy.

Przetrzymanie poczty służbowej jest wzbronione.

§ 19.

**Nagle zaślabnięcia.**

W razie nagłego zaślabnięcia konduktora w drodze, o ile nie może dojechać do ekspedycji i poprosić o zastąpienie go zmianowym konduktorem, ma on prawo zawezwać na swoje miejsce pierwszego napotkanego kontrolera lub instruktora; gdyby jednak nie napotkał żadnego, to motorniczy winien poprosić pasażerów o opuszczenie wagonu, wywieścić na obu pomostach tabliczki „niema miejsc“ i wagon przyczepić do kursowego w celu doprowadzenia go do stacji krańcowej.

§ 20.

**Zakończenie służby.**

Po skończonej służbie, a na linii Okólnej po skończonym kursie, winien konduktor zakomunikować swemu następcy o wszystkich zauważonych brakach i niedokładnościach; zdając zaś wagon wieczorem, dojechać **bezwarunkowo do remizy**, pozamykać okna, popodnosić rolety, zagasić jeden obwód oświetleniowy, sprawdzić w czasie zimowym, czy ogrzewanie jest wyłączone; te dwie ostatnie czynności spełnić, mijając ostatnią ekspedycję. Wreszcie zameldować majstrowi remizowemu lub dyżurnemu starszemu ślusarzowi o wszelkich uszkodzeniach i brakach. Pieniądze, cedułę i kartkę kontroli wolnych miejsc zdaje konduktor w kancelarji zawiadowcy stacji.

O ile przy obliczaniu pieniędzy konduktor zauważyłby pozostałość nie stanowiącą jego własności, to winien takową złożyć przy odpowiednim raporcie w kancelarji zawiadowcy.

---



## ALFABETYCZNY SPIS RZECZY.

A.	Strona	Tom
Amsler—system oświetlenia wagonów . . . . .	433—435	I
Armstrong A. H.—opór trakcji . . . . .	14	I
Arnold—motor . . . . .	51	II
Automatyczne podstacje . . . . .	30—38	II
<b>B.</b>		
Batchelder—konstrukcja podwozia . . . . .	84—85	II
Betonowe podłoże . . . . .	138—149	I
„ „ trwałość . . . . .	323	II
Bezpieczniki . . . . .	415	I
Bezpośredni napęd . . . . .	86—87	II
Bezpośrednie przechodzenie prądów do sieci prądów słabych . . . . .	217	II
Bezpośrednio zasilane motory kol. prądu zmiennego . . . . .	49	II
Bieg lokomotyw spokojny . . . . .	83—85	II
Bieguny zwrotne . . . . .	382	I
Bilety . . . . .	280—286	II
Bliźniacze motory . . . . .	92	II
Blondel—opór trakcji . . . . .	10	I
„ wykresy motorów . . . . .	322—324	II
Błądzące prądy . . . . .	249—253	I
„ „ mierzenie . . . . .	309—315	II
Bocznikowanie dla regulowania prędkości . . . . .	56—63	I
„ „ „ „ . . . . .	225	II
Boostery . . . . .	255—256	I
du Bosquet M.—opór trakcji . . . . .	10	I
Braun—hamulec szynowy . . . . .	337—339	I
Brown i Boveri—napęd . . . . .	92—94	II
Brown Edison plastic raylbond . . . . .	246—247	I
Bryan—łącznik . . . . .	246	I
Budowa motorów . . . . .	378—379	I

	Strona	Tom
Budowa spodnia na betonie . . . . .	138—139	I
„ „ „ dwu teowników . . . . .	140	I
„ „ „ podłożu kamiennem . . . . .	137	I
„ „ „ żelbecie . . . . .	140	I
„ „ „ systemu Reinhardt . . . . .	140—143	I
Busse-Reinhardt—budowa spodnia . . . . .	140—143	I

**C.**

Cailletet i Collardeau—opór powietrza . . . . .	4	I
Charakterystyka lokomotyw . . . . .	245	II
Chicago bond . . . . .	245	I
Chicago-Milwaukee and St. Paul lokomotywy . . . . .	162—168	II
„ „ „ „ „ podstacje . . . . .	14—16	II
„ „ „ „ „ sieć . . . . .	192—195	II
Chłodzenie prostowników . . . . .	26	II
Ciśnienie w prostownikach . . . . .	26	II
Claret Vuilleumer—sieć guzikowa . . . . .	156	I
Clark—opór trakcji . . . . .	12	I
Crosby—opór powietrza . . . . .	5	I
Czas w zależności od drogi . . . . .	78—79	I
Czasomierze . . . . .	435—436	I
„ „ „ „ „ . . . . .	275—276	II
Czynniki wpływające na zużycie energii . . . . .	274—275	II

**D.**

Davis—opór trakcji . . . . .	14	I
Deri—motor . . . . .	50	II
Desdouits—opór łuków . . . . .	8	I
„ „ „ „ „ trakcji . . . . .	13	I
Diatto—sieć guzikowa . . . . .	157	I
Długość gospodarcza linii . . . . .	146—147	II
Doczepne wozy . . . . .	437	I
Dodatkowe druty . . . . .	203	I
Dodatkowe zużycie energii . . . . .	238—239	II
Doły rewizyjne . . . . .	4	II
Doprężniki . . . . .	206—207	I
Drażony wał . . . . .	91—94	II
Druty dodatkowe . . . . .	203	I
„ kotwowe . . . . .	196—197	I
„ na łukach . . . . .	188—192	I
„ odciągowe . . . . .	188—192	I
„ poprzeczne . . . . .	181—187	I
„ przeciwnapięciowe . . . . .	219	II
„ robocze . . . . .	163	I
„ „ naprężenie . . . . .	169—181	I
„ „ wyznaczenie punktów zawieszenia . . . . .	163—169	I



	Strona	Tom
Dupuis—opór łuków . . . . .	8	I
„ „ trakcji . . . . .	11	II
Dwudzielne szyny . . . . .	321—322	II
Działania naskórkowe . . . . .	172—173	II
Działanie wiatru na sieć łańcuchową . . . . .	205—206	II
Dzwonki . . . . .	375—376	I
Dzielnice — sieci podział . . . . .	150—151	I

**E.**

Edison-Brown plastic raylbond . . . . .	246—247	I
Eksploatacja — podział na działy . . . . .	242	II
Elektrownia obciążenie . . . . .	79—82	I
„ „ „ „ „ „ . . . . .	238—240	II
Elektryczne hamulce . . . . .	323—330	I
„ spajanie szyn . . . . .	112	I
„ zwrotnice . . . . .	117—121	I
Elektrodynamiczny wpływ na sieci prądów słabych . . . . .	232	I
„ „ „ „ „ „ . . . . .	214—216	II
Elektromagnetyczne hamulce . . . . .	330—339	I
Elektrostatyczny wpływ na sieci prądów słabych . . . . .	232	I
„ „ „ „ „ „ . . . . .	209—213	II
Ekspedytorzy i ekspedycje . . . . .	259—262	II
Ekstra szybki wyłącznik . . . . .	18—22	II

**F.**

Falk—spajanie szyn. . . . .	111—112	I
Fakultatyw . . . . .	235*	II
Franck—opór łuków . . . . .	8	I
„ „ powietrza . . . . .	5—6	I
„ „ trakcji . . . . .	11	I

**G.**

Gliński—doświadczenia z oporem trakcji . . . . .	3	I
Goldschmidt — spajanie szyn . . . . .	112	I
Gospodarcza długość linii . . . . .	146—147	II
Gospodarczy przekrój . . . . .	145—147	I
Gospodarcza strata napięcia . . . . .	146	I
Goteborga tramwaje—szyny nacinane . . . . .	321	II
Graficzny rozkład jazdy . . . . .	78—80	I

**H.**

Hagen—opór powietrza . . . . .	5	I
Haki ścienne . . . . .	221—222	I

	Strona	Tom
Hamowanie i odzyskiwanie energii — prąd stały . . . . .	71—75	II
„ „ „ — „ „ zmienny		
jednofazowy . . . . .	75—79	II
Hamowanie przeciw prądem . . . . .	339	I
Hamulce . . . . .	306—352	I
„ . . . . .	102	II
„ elektryczne . . . . .	323—330	I
„ elektromagnetyczne solenoidowe . . . . .	333—336	I
„ „ „ szynowe . . . . .	337—339	I
„ „ „ „ Braun . . . . .	337—339	I
„ „ „ tarczowe . . . . .	331—333	I
„ pneumatyczne . . . . .	317—328	I
„ ręczne . . . . .	309—317	I
„ „ kołowe . . . . .	310—315	I
„ „ szynowe . . . . .	315—317	I
Heyden—wykres . . . . .	97	II
Hosegood—bezpieczniki . . . . .	18	II
Hruszka—opór trakcji . . . . .	13	I
Huldsebiner—obliczenie elektr. sieci prądu zmiennego	173—179	II
Hutschinson—wykresy motorów . . . . .	331—332	II

I.

Ilość obrotów motorów kol. prądu zmiennego,—regulowanie . . . . .	66—69	II
Ilość okresów dla motorów trakcyjnych prądu zmiennego . . . . .	63—64	II
Ilość służby ruchu . . . . .	250	II
Impendencyjne zwoje . . . . .	219	II
Izolacja sieci—mierzenie . . . . .	304—307	II
„ wagonów—mierzenie . . . . .	329	II
Izolatory kulkowe . . . . .	205	I
„ sekcyjne . . . . .	192—196	I
„ sprzączkowe . . . . .	205	I

J.

Jednotwornikowe przetwornice . . . . .	13—14	II
Jenkis — łącznik . . . . .	246	I
Johnston „ . . . . .	246	I

K.

„k“ współczynnik zwiększający masę . . . . .	17	I
Kalman—metoda mierzenia prądów ziemnych. . . . .	312—313	II
Kelvin—mierzenie oporu złączy . . . . .	309	II
Kenelly—przewodnictwo szyn dla prądu zmiennego . . . . .	173	II

	Strona	Tom
Klamerki . . . . .	200	I
Klocki hamulcowe—trwałość . . . . .	327	II
Koła . . . . .	295—298	I
Kółko . . . . .	419—423	I
Kołowe hamulce . . . . .	310—315	I
Komutacja w motorach kol. prądu zmiennego. . . . .	52—58	II
Końcówki . . . . .	207	I
Kontaktory . . . . .	116	II
Kontaktor Brown i Boveri . . . . .	125—126	II
Kontrola ruchu . . . . .	258—262	II
„ wolnych miejsc . . . . .	287—296	II
Korbuly—łożyska . . . . .	302—303	I
Köerner—obliczenie oporników . . . . .	51—54	I
Krażek . . . . .	419—423	I
Krytyczna rozpiętość . . . . .	202	II
Kulkowe izolatory . . . . .	205	I
Kulkowe łożyska . . . . .	304—305	I

L.

Langley—opór powietrza . . . . .	5	I
Lemniskata . . . . .	131	I
L'Hoest—opór trakcji . . . . .	10	I
Lichtenstein działania naskórkowe . . . . .	172—173	II
Lokomotywy . . . . .	437—444	I
„ Ateliers de Construction électriques de Jeumont . . . . .	154	II
Lokomotywy gothardskie Brown i Boveri . . . . .	154—158	II
„ Butte Anaconda and Pacific . . . . .	158—161	II
„ Chicago-Milwaukee and St. Paul . . . . .	162—168	II
„ gothardskie Oerlikon . . . . .	158—160	II
„ Powszechnego Towarzystwa Elektrycznego . . . . .	148	II
„ przebieg dzienny i roczny . . . . .	340—342	II
„ Siemens-Schuckert . . . . .	148—152	II
„ utrzymanie . . . . .	340—342	II
Lubowsky-Kurt — opór betonu . . . . .	139	I

Ł.

Łączniki drutu roboczego . . . . .	207	I
„ szyn . . . . .	242—249	I
Łożyska Korbuly . . . . .	302—303	I
„ kulkowe . . . . .	304—305	I
„ motorów . . . . .	391—393	I
„ wałkowe . . . . .	304—305	I
Łuki . . . . .	130—134	I
„ — dodatkowy opór trakcji . . . . .	7—9	I

**M.**

	Strona	Tom
Materiał szynowy . . . . .	102—103	I
Mechaniczne obliczenie sieci łańcuchowej . . . . .	201—206	II
„ zdejmowanie wykresu motorów . . . . .	330	II
Melaun złącze . . . . .	105	I
Miejsce ułożenia torów na ulicach . . . . .	127—130	I
Międzydzielnicowe wyłączniki samoczynne . . . . .	238—243	I
Moc godzinna . . . . .	77, 80, 93—94	I
„ „ . . . . .	238—240	II
Moc lokomotyw . . . . .	79—80	II
„ „ elektrycznych w porównaniu z pa- rowemi . . . . .	138—144	II
Moc największa . . . . .	238—239	II
„ średnia . . . . .	236, 239	II
Motor-generatory . . . . .	14	II
Motory elektryczne . . . . .	24—36, 70—73	I
„ „ . . . . .	378—382	I
„ „ . . . . .	385, 387	I
„ „ . . . . .	14, 45—64	II
„ „ . . . . .	103—113	II
„ „ bocznikowe . . . . .	30—31	I
„ „ budowa . . . . .	378—379	I
„ „ kolektorowe prądu zmiennego . . . . .	45—64	II
„ „ „ „ „ „ Ar- nolda . . . . .	51	II
Motory elektryczne kolektorowe prądu zmiennego bezpośrednio zasilane . . . . .	49	II
Motory elektryczne kolektorowe prądu zmiennego Deri ilość . . . . .	50	II
„ „ „ „ „ „ okresów . . . . .	60—64	II
Motory elektryczne kolektorowe prądu zmiennego komutacja . . . . .	52—58	II
Motory elektryczne kolektorowe prądu zmiennego Oerlikon . . . . .	50	II
Motory elektryczne kolektorowe prądu zmiennego Osnos . . . . .	51	II
Motory elektryczne kolektorowe prądu zmiennego przesunięcie faz . . . . .	52—58	II
Motory elektryczne kolektorowe prądu zmiennego repulsyjne . . . . .	48—49	II
Motory elektryczne kolektorowe prądu zmiennego ruszanie . . . . .	58—62	II
Motory elektryczne kolektorowe prądu zmiennego teorja . . . . .	45—58	II
Motory elektryczne kolektorowe prądu zmiennego Winter-Eichberg . . . . .	50	II
Motory elektryczne kolektorowe prądu zmiennego wysokość napięcia . . . . .	61—64	II
Motory lokomotywowe . . . . .	103—113	II

	Strona	Tom
Motory moc . . . . .	70—73	I
„ połączenie w elektrowozie . . . . .	34—36	I
„ szeregowo-bocznikowe . . . . .	34	I
„ wykresy i przykłady . . . . .	385—387	I
Multiple-unit połączenie . . . . .	404—415	I

**N.**

Nadużycia biletowe—sposoby wykrywania . . . . .	281—283	II
Napęd kół bezpośredni . . . . .	86—88	II
„ „ Brown i Boveri . . . . .	92—94	II
„ „ dwoma korbwodami . . . . .	99—101	II
„ „ jednym korbwodem . . . . .	98	II
„ „ przez koła zębate . . . . .	89—96	II
„ „ „ ramę trójkątną Kando . . . . .	99—100, 102	II
Naprężenie drutów odciągowych . . . . .	188—190	I
„ „ poprzecznych . . . . .	181—186	I
„ drutu roboczego . . . . .	169—181	I
„ liny nośnej . . . . .	201—205	II
Naprężniki . . . . .	205—206	I
Narzędzia dla sieci . . . . .	299—304	II
Newton—opór powietrza . . . . .	5	I
New York New Haven and Hartford sieć . . . . .	195—200	II

**O.**

Obciążenie elektrowni . . . . .	79—82	I
„ „ . . . . .	238—240	II
„ słupów . . . . .	216—220	I
Obiór miejsca na budynki . . . . .	1	II
Obliczenie ilości lokomotyw . . . . .	240—241	II
„ oporników metodą Bragstaedta . . . . .	55—56	I
„ „ „ Körnera . . . . .	50—54	I
„ osi . . . . .	298—300	I
„ podstacji i przekrojów sieci . . . . .	236—238	II
„ pracy—metoda dokładna . . . . .	82—95	I
„ „ — „ przybliżona . . . . .	76—77	I
„ „ — „ uproszczona . . . . .	73—76	I
„ „ zużytej przez pociąg . . . . .	232—235	II
„ przewodów zasilających prądu ziemnego . . . . .	169—170	II
„ resorów . . . . .	305—306	I
„ sieci elektryczne . . . . .	144—154	I
„ „ „ . . . . .	170—179	II
„ „ mechaniczne . . . . .	169—181	I
„ „ „ . . . . .	201—216	II
„ słupów . . . . .	216—220	I
„ wagi brutto pociągów . . . . .	222—224	II

	Strona	Tom
Obliczenie wagi netto ładunku . . . . .	227—231	II
Obrotowe transformatory . . . . .	119—123	II
Ochrona od przeciążeń . . . . .	238	I
„ „ wyładowań atmosferycznych . . . . .	419	I
„ sieci prądów słabych . . . . .	227—233	I
„ „ „ „ . . . . .	217—220	II
Ochronne przyrządy przy wagonach . . . . .	356—359	I
Odciągi . . . . .	169	I
Odgąlenia . . . . .	134—136	I
Odgarnianie śniegu . . . . .	444—450	I
Odgromniki . . . . .	222—227	I
Odzyskiwanie energii . . . . .	70—79	II
„ „ prąd zmienny jednofazowy . . . . .	75—79	II
„ „ prąd stały . . . . .	71—75	II
Oerlikon motory prądu zmiennego . . . . .	50	II
Ogień na kolektorze . . . . .	17	II
Ogrzewanie . . . . .	376—378	I
„ . . . . .	134	II
Określenie ilości lokomotyw . . . . .	240—241	II
Opór betonu . . . . .	139	I
„ łuków . . . . .	8—9	I
„ na wzniesieniach . . . . .	7	I
„ powietrza . . . . .	4—6	I
„ sieci—mierzenie . . . . .	307—309	II
„ szyn elektryczny . . . . .	103	I
„ „ . . . . .	172 - 173, 237	II
„ trakcji . . . . .	1—4	I
„ „ przy różnych stanach szyn . . . . .	263—264, 274	II
„ „ „ większych prędkościach . . . . .	9—15	I
„ „ sposoby wymierzenia . . . . .	264—266	II
„ złączy . . . . .	248	I
„ „ pomiar . . . . .	309—311	II
Oporniki . . . . .	429	I
Opornikowe regulowanie prędkości . . . . .	38—56	I
Osie ruchome i nastawialne . . . . .	291—293	I
„ —obliczenie : . . . . .	298—301	I
Osnos motor . . . . .	51	II
Oświetlenie remiz . . . . .	5	II
„ system Amslera . . . . .	433—435	I
„ wagonów . . . . .	430—435	I
„ „ . . . . .	134	II
<b>P.</b>		
Pałak . . . . .	423—428	I
Piasecznice . . . . .	353—356	I
„ . . . . .	103	II
Plastic rayl bond . . . . .	246—247	I
Plugi śniegowe . . . . .	447—450	I

	Strona	Tom
Pneumatyczne hamulce . . . . .	317—323	I
Podkładki pod śrubami na złączach . . . . .	106	I
Podlewka asfalt-betonowa . . . . .	142—143	I
„ cementowa . . . . .	138—139	I
Podłoże betonowe . . . . .	138—139	I
„ utrzymanie . . . . .	323	II
Podstacje automatyczne . . . . .	30—38	II
„ Chicago Milwaukee and St. Paul . . . . .	14—16	II
„ zależność mocy od rozkładu jazdy . . . . .	337	II
Podwozia . . . . .	382—390	I
„ . . . . .	80—81	II
Podział zajęć służby ruchu . . . . .	247—250	II
Pogotowie techniczne . . . . .	277—280	II
Połączenie hamulców między sobą . . . . .	339—342	I
„ motorów w elektrowozach . . . . .	34—36	I
„ wielokrotne . . . . .	404—415	I
Półsprężynowe zawieszenie . . . . .	388—389	I
Pomiary izolacji sieci . . . . .	304—307	II
„ „ wagonów . . . . .	329	II
„ oporu trakcji . . . . .	264—266	II
„ „ złączy . . . . .	309—311	II
„ prądów błędzących . . . . .	309—315	II
Pomosty . . . . .	360—364	I
Poprzeczne druty . . . . .	181—192	I
Porównanie hamulców . . . . .	339—342	I
„ motorów kolektorowych prądu zmiennego . . . . .	64—66	II
Postoje na krańcach . . . . .	245	II
Praca dla danej linii . . . . .	23—24	I
Praca zużyta przez pociąg—obliczenie dokładne . . . . .	82—95	I
„ „ „ „ „ „ przybliżone . . . . .	76—77	I
„ „ „ „ „ „ uproszczone . . . . .	73—76	I
Prądy błędzące . . . . .	249—253	I
„ „ pomiary . . . . .	309—315	II
„ „ przepisy . . . . .	259—280	I
Prędkość lokomotyw—regulowanie . . . . .	115—128	II
„ w zależności od czasu—obliczenie . . . . .	45—51	I
Profil uproszczony . . . . .	231—232	II
Profile szyn . . . . .	99—101	I
Profilowy drut . . . . .	163	I
Prostowniki . . . . .	24—30	II
Prowizoryczne tory . . . . .	121—122	I
Przebieg dzienny lokomotyw . . . . .	340—342	II
„ „ wagonów motorowych . . . . .	327	II
Przeciążenie—ochrona . . . . .	238	I
Przeciwnapięciowy drut . . . . .	219	II
Przeciwdziałanie wpływom na sieci prądów słabych . . . . .	217—220	II
Przeciwwprędem hamowanie . . . . .	339	I
Przekładnia . . . . .	382	I
„ hamulców . . . . .	311—313	I

	Strona	Tom
Przenikliwość magnetyczna szyn . . . . .	172—173	II
Przepisy dla służby ruchu . . . . .	343—320	II
„ o prądach błędzących . . . . .	259—265	I
„ „ „ niemieckie . . . . .	266—280	I
Przerwanie drutu roboczego—przyczyny . . . . .	235	I
„ „ „ —zabezpieczenie . . . . .	233 235	I
Przesunięcie faz w motorach kol. prądu zmiennego . . . . .	52—58	II
Przesuwnice . . . . .	3	II
Przewodnictwo szyn dla prądu zmiennego . . . . .	173	II
Przetwornice dwutwornikowe . . . . .	13	II
„ jednotwornikowe . . . . .	13—14	II
Przewody powrotne . . . . .	253—255	I
„ w wagonach . . . . .	429—431	I
„ zasilające . . . . .	236—237	I
„ „ . . . . .	169—170	II
Przyczepność . . . . .	19—22	I
Przykład obliczenia regulowania opornikowego . . . . .	41—45	I
„ „ zużycia pracy . . . . .	73—94	I
„ wpływu przyspieszenia na zużycie pracy . . . . .	67—70	I
Przymocowanie drutów . . . . .	221	I
Przyrządy miernicze . . . . .	435	I
„ ochronne . . . . .	356—359	I
„ sieci . . . . .	299—304	II
Przyspieszenie . . . . .	15—18	I
„ wielkość . . . . .	63—70	I
„ „ na kolejach . . . . .	224	II
„ „ wpływ na zużycie energii . . . . .	270—272	II
Podło wozowe . . . . .	359—374	I
Punkty zawieszenia . . . . .	163—169	I

**R.**

Rama trójkątna Kando . . . . .	99—100	II
Regulatory . . . . .	364—365	I
„ kolei Chicago-Milwaukee and St. Paul . . . . .	116—117	II
„ Oerlikon . . . . .	123	II
Regulowanie ilości obrotów motorów kolektorowych prądu zmiennego . . . . .	66—69	II
Regulowanie lokomotyw . . . . .	115—118	II
„ natężenia prądu i prędkości opornikowe . . . . .	38—56	I
„ „ „ „ przez bocznikowanie . . . . .	56—63	I
Regulowanie natężenia prądu i prędkości przez bocznikowanie . . . . .	225	II
Regulowanie natężenia prądu i prędkości przez połączenie motorów . . . . .	40—41	I
Regulowanie natężenia prądu i prędkości przy prądzie trójfazowym . . . . .	126—128	II



	Strona	Tom
Regulowanie samoczynne zapotrzebowania energii . . . . .	38—42	II
Reinhardt-Busse—budowa spodnia . . . . .	141—143	I
„ „ „ „ . . . . .	321	II
Repulsyjne motory . . . . .	48—49	II
Resory . . . . .	305—306	I
Ręczne hamulce . . . . .	309—317	I
Roboczy drut . . . . .	163	I
Rodzaj prądu—wybór . . . . .	24—28	I
„ „ „ „ . . . . .	43—45	II
Rozety ścienne . . . . .	221—222	I
Rozjazdy . . . . .	134—136	I
„ wpływ na zużycie energii . . . . .	273	II
Rozkład jazdy graficzny . . . . .	78—80	I
„ „ opracowanie . . . . .	243—246	II
„ „ pociągów kolejowych . . . . .	235—236	II
„ „ wpływ na zużycie energii . . . . .	337	II
Rozmieszczenie siedzeń w wagonach . . . . .	364—365	I
Rozpiętość sieci roboczej . . . . .	164	I
Różekl—opór łuków . . . . .	8	I
Rtęciowe prostowniki . . . . .	24—30	I
Ruszanie motorów kolek. prądu zmiennego . . . . .	58—63	II

**S.**

Samoczynne podstacje . . . . .	30—38	II
„ regulowanie napięcia sieci . . . . .	185—201	II
„ wyłączniki . . . . .	417—418	I
„ „ . . . . .	22—23	II
„ „ międzydzielnicowe . . . . .	238—243	I
Schmidt—opór trakcji . . . . .	15	I
„ złącze . . . . .	104—105	I
Sekcyjne izolatory . . . . .	192—196	I
Sieć Chicago Milwaukee and St. Paul . . . . .	192—195	II
„ guzikowa . . . . .	156—157	II
„ ilość prawcówników . . . . .	299, 340—342	II
„ kanałowa . . . . .	154—156	I
„ nadziemna . . . . .	161—162	I
„ narzędzia i przyrządy . . . . .	299—304	II
„ New York New Haven and Hartford . . . . .	195—200	II
„ obliczenie elektryczne . . . . .	144—154	I
„ „ „ . . . . .	170—179	II
„ „ mechaniczne . . . . .	169—192	I
„ „ „ . . . . .	201—206	II
„ pomiary izolacji . . . . .	304—307	II
„ roboty bieżące . . . . .	295—299, 340—342	II
„ trwałość . . . . .	296—299, 340—342	II
Siemens Halske—aparat do mierzenia oporu złączy. . . . .	309—310	II
Siła hamująca . . . . .	306—307, 310—312	I

	Strona	Tom
Siła pociągowa . . . . .	1, 22	I
„ „ lokomotyw. . . . .	136—138	II
Skrzyżowanie sieci . . . . .	207—210	I
„ torów . . . . .	116—117	I
Słupy drewniane . . . . .	210—211	I
„ kratowe . . . . .	212—215	I
„ profilowe . . . . .	214	I
„ rurowe . . . . .	211—213	I
„ żelbetowe . . . . .	214	I
Służba ruchu—ilość . . . . .	250	II
„ „ podział zajęć . . . . .	247—250	II
„ „ starsza . . . . .	258	II
„ „ wyszkolenie . . . . .	255	II
Smarowanie motorów . . . . .	392—393	I
Smeaton—opór powietrza . . . . .	5	I
Smith W. W.—opór trakcji . . . . .	14	I
Śnieg usuwanie . . . . .	447—450	I
Solenoidowy hamulec . . . . .	333—336	I
Solarki . . . . .	137—143	I
Spajanie szyn elektryczne . . . . .	112	I
„ „ obliczenie . . . . .	108—111	I
„ „ system Goldschmidta . . . . .	112	I
„ „ „ Falk . . . . .	111—112	I
„ „ „ termitowe . . . . .	112	I
Spodnia budowa . . . . .	137—143	I
Spółczynnik eksploatacyjny . . . . .	336	II
Sposoby przeciwdziałania wpływom na sieci prądów słabych . . . . .	217—220	II
Sposoby regulowania prędkości . . . . .	36—38	I
Sprague—opór trakcji . . . . .	14	I
Sprężynujące koła zębate . . . . .	89—98	II
„ zawieszenie motorów . . . . .	390—391	I
Sprzączkowe izolatory . . . . .	205	I
Środek ciężkości, wpływ na spokój biegu lokomotyw . . . . .	83—85	II
Ssące maszyny . . . . .	255—256	I
Stan szyn—wpływ na zużycie energii . . . . .	263—264, 274	II
Starcie faliste szyn . . . . .	316—322	II
Starsza służba ruchu . . . . .	258	II
Statystyka . . . . .	286—296	II
Stopień załadowania . . . . .	226, 230—231	II
Strahl-Clark—opór trakcji . . . . .	12	I
Strata napięcia największa dopuszczalna . . . . .	149	I
„ „ „ . . . . .	237	II
„ w prostownikach . . . . .	25	II
Swinburn—wykres motorów . . . . .	334	II
Sygnalizacja kolejowa . . . . .	235	II
Sygnalizacyjne aparaty, wrażliwość na prądy . . . . .	208	II
System trójprzewodowy . . . . .	256—257	I
Schematy połączeń w wagonach . . . . .	395—403	I

	Strona	Tom
Szematy rachunkowości . . . . .	334—336	II
Szerokość toru . . . . .	113—114	I
Szynowe hamulce elektryczne . . . . .	336—338	I
„ „ ręczne . . . . .	310	I
Szyny dwudzielne . . . . .	321—322	II
„ materiał . . . . .	102—103	I
„ opór elektryczny . . . . .	103	I
„ profile normalne . . . . .	99—101	I
„ spajane . . . . .	107—114	I
„ starcie faliste . . . . .	316—322	II
„ trzecie . . . . .	157—161	I
„ trwałość . . . . .	315—316	II

**T.**

Tabor utrzymanie . . . . .	326—328	II
Tara pociągu . . . . .	227	II
Tarcie osi w panewkach . . . . .	2—3	I
„ kół na szynach przy ślizganiu . . . . .	4	I
„ „ „ „ „ toczeniu . . . . .	3—4	I
Tarczowe hamulce . . . . .	331—332	I
Telefoniczne aparaty, wrażliwość na prądy silne . . . . .	207—208	II
Telegraficzne aparaty, wrażliwość na prądy silne . . . . .	208	II
Teorja motorów kolek. prądu zmiennego . . . . .	45—58	II
Termit—spajanie . . . . .	112	I
Tonno-kilometr gospodarczy . . . . .	146—147	II
Tory pojedyncze i podwójne . . . . .	122—128	I
„ prowizoryczne . . . . .	121—122	I
„ szerokość . . . . .	113—114	I
„ utrzymanie . . . . .	322, 323—324	II
Towarowe wagony . . . . .	437	I
„ „ . . . . .	226—227	II
Transformatory . . . . .	113—114	II
„ obrotowe . . . . .	119—123	II
„ ssące . . . . .	219—220	II
Trójprzewodowy system . . . . .	256—257	I
Trwałość kolektorów . . . . .	328, 340—342	II
„ kół zębatach . . . . .	328—329, 340—342	II
„ obręczy kół . . . . .	328, 340—342	II
„ panewek . . . . .	340—342	II
„ szyn . . . . .	315—316	II
Trzecia szyna . . . . .	157—161	I
Typy lokomotyw . . . . .	81—83	II

**U.**

Ułożenie torów na ulicach . . . . .	127—130	I
Umiejętność motorniczego, wpływ na zużycie energii . . . . .	275	II
Uppenborn—wyszukiwacz lamp . . . . .	432—433	I
Ustawianie słupów . . . . .	220—221	I

	Strona	Tom
Uszczelnienie prostowników . . . . .	28	II
Utrzymanie lokomotyw . . . . .	340—342	II
„ podłoża . . . . .	323	II
„ sieci . . . . .	295—299, 340—342	II
„ torów . . . . .	322, 323—325	II
„ wagonów . . . . .	326—328	II
„ złączy . . . . .	322	II
„ zwrotnic . . . . .	323—324	II

**W.**

Waga lokomotyw elektrycznych . . . . .	142, 224	II
„ „ parowych . . . . .	140	II
„ pociągów . . . . .	222—223	II
„ wagonów motorowych . . . . .	436	I
„ „ osobowych . . . . .	222—223	II
„ „ towarowych . . . . .	226—227	II
Wagon do mierzenia oporu złączy . . . . .	311	II
Wagony—utrzymanie . . . . .	326—328	II
Wał drążony . . . . .	91—94	II
Wałkowe łożyska . . . . .	304—305	I
Warsztaty główne . . . . .	9—11	II
„ przy wozowniach . . . . .	6—8	II
Wentylacja motorów . . . . .	380—381	I
„ „ . . . . .	135	II
Westinghous hamulce . . . . .	317—322	I
Wieszaki . . . . .	201—203	I
Winter-Eichberg motor . . . . .	50	II
Wjazdy . . . . .	134—136	I
Wozownie . . . . .	2—8	II
Wozy doczepne . . . . .	437	I
„ towarowe . . . . .	437	I
Wózki . . . . .	293—295	I
Wpływ długości pociągu na prędkość i zużycie energii . . . . .	231—232	II
„ elektromagnetyczny na sieci prądów słabych . . . . .	214—216	II
„ elektrostatyczny na sieci prądów słabych . . . . .	209—213	II
„ przyspieszenia na zużycie energii . . . . .	67—70	I
„ starcia szyn na zużycie energii . . . . .	274	II
Wykresy hamowania . . . . .	308, 346—347	I
„ motorów . . . . .	32, 33, 83, 386	II
„ „ . . . . .	67, 68, 69, 108	I
„ „ . . . . .	109, 113, 153, 157	II
„ „ sposoby zdejmowania . . . . .	329—334	I <sub>7</sub>
„ „ zależności prędkości od czasu . . . . .	45—53	I
Wyładowanie atmosferyczne—ochrona . . . . .	419	I
Wyładowywacze . . . . .	218	II
Wyłączniki samoczynne . . . . .	417—418	I
„ „ . . . . .	22—23	II
„ „ ekstra szybkie . . . . .	18—22	II

	Strona	Tom
Wyłączniki samoczynne międzydzielnicowe . . . . .	238—243	I
Wypadki . . . . .	277—280	II
Wysięgi . . . . .	216	I
Wysokość napięcia dla motorów kolek. prądu zmien- nego . . . . .	63—64	II
Wysokość punktów zawieszenia . . . . .	186—187	I
Wyszkolenie służby ruchu . . . . .	255	II
Wyznaczenie punktów zawieszenia . . . . .	163—169	I

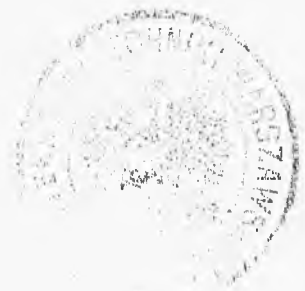
**Z.**

Zabezpieczenie od przzerwania drutu roboczego . . . . .	233—236	I
Zaciski . . . . .	200	I
Zakończenie linji . . . . .	134—136	I
Zakotwienie . . . . .	196—199	I
Załadowanie—stopień . . . . .	226, 230—231	II
Zapalanie prostowników . . . . .	28—29	II
Zasilające przewody . . . . .	236—238	I
„ „ prądu zmiennego . . . . .	169—171	II
Zawieszenie motorów . . . . .	387—391	I
„ „ półsprężynowe . . . . .	388—389	I
„ „ sprężynowe . . . . .	390—391	I
„ sieci łańcuchowe . . . . .	179—201	II
„ „ „ bez samoczynnego re- gulowania . . . . .	180—185	II
Zawieszenie sieci łańcuchowe z samoczynnem regu- lowaniem . . . . .	185—192	II
Zbieracz prądu kółkowy . . . . .	419—423	I
„ „ lokomotyw . . . . .	128—132	II
„ „ pałkowy . . . . .	423—428	I
Zderzak . . . . .	352—353	I
Złącza Gesellschaft für Stahlindustrie in Bochum . . . . .	106	I
„ Melaun . . . . .	105	I
„ Schmidt . . . . .	104—105	I
„ utrzymanie . . . . .	322	II
Zużycie energii dane . . . . .	95—96	I
„ „ „ . . . . .	338—340	II
„ paliwa przez parowozy . . . . .	145	II
„ pracy . . . . .	96	I
„ „ . . . . .	145—146	II
Zwrotnice . . . . .	114—116	I
„ elektryczne . . . . .	117—121	I
„ utrzymanie . . . . .	322—324	II
„ w sieci . . . . .	207—210	I

**Ż.**

Żłobki zamknięte i ukośne . . . . .	105	II
-------------------------------------	-----	----





# SPIS RZECZY TOMU DRUGIEGO.

## C Z Ę Ś Ć V.

### Rozdział XIII.

#### B u d y n k i.

§§		Str.
1	Obiór miejsca pod budynki . . . . .	1
2	Wozownie . . . . .	2
3	Warsztaty główne . . . . .	8

## C Z Ę Ś Ć VI.

### Rozdział XIV.

#### Elektrownie i podstacje.

1	Wstęp . . . . .	12
2	Urządzenia podstacji . . . . .	13
3	Prostowniki . . . . .	24
4	Podstacje automatyczne . . . . .	30
5	Samoczynne regulowanie zapotrzebowania energii . . . . .	38

## C Z Ę Ś Ć VII.

### Rozdział XV.

#### Koleje magistralne czyli główne.

1	Wstęp . . . . .	43
2	Teoria motoru kolektorowego prądu zmiennego . . . . .	45
3	Rodzaje motorów kolektorowych prądu zmiennego . . . . .	49
4	Komutacja i przesunięcie faz . . . . .	52
5	Ruszanie . . . . .	58
6	Wysokość napięcia i ilość okresów . . . . .	63

§§		Str.
7	Porównanie motorów . . . . .	64
8	Regulowanie ilości obrotów . . . . .	66
9	Hamowanie i odzyskiwanie energii . . . . .	70
10	Prąd stały . . . . .	71
11	Prąd zmienny jednofazowy . . . . .	75

## Rozdział XVI.

### Lokomotywy elektryczne.

1	Moc lokomotywy . . . . .	79
2	Podwozie . . . . .	80
3	Wpływ wysokości środka ciężkości na spokojny bieg lokomotywy . . . . .	83
4	Napęd kół . . . . .	85
5	Hamulce i piasecznice . . . . .	103
6	Motory . . . . .	103
7	Transformatory . . . . .	113
8	Regulowanie prędkości . . . . .	115
9	Zbieracz prądu . . . . .	128
10	Różne urządzenia i przybory miernicze . . . . .	132
11	Ogrzewanie i oświetlenie pociągów . . . . .	134
12	Wewnętrzne urządzenie lokomotywy . . . . .	134
13	Porównanie lokomotywy elektrycznej z parową . . . . .	136
14	Przykłady wykonanych lokomotyw elektrycznych . . . . .	148

## Rozdział XVII.

### S i e ć.

1	Uwagi ogólne . . . . .	168
2	Przewody zasilające . . . . .	169
3	Sieć robocza . . . . .	170
4	Budowa sieci . . . . .	179
5	Systemy bez samoczynnego regulowania . . . . .	180
6	Systemy z samoczynnym regulowaniem . . . . .	185
7	Mechaniczne obliczenie sieci . . . . .	201

## Rozdział XVIII.

### Wpływ na sieci prądów słabych.

1	Uwagi ogólne . . . . .	206
2	Wpływ elektrostatyczny . . . . .	209
3	Wpływ elektrodynamiczny czyli elektromagnetyczny . . . . .	214
4	Bezpośrednie przechodzenie prądów silnych do sieci prądów słabych . . . . .	217
5	Sposoby przeciwdziałania wpływom prądów mocnych . . . . .	217



Rozdział XIX.

Zestawienie projektu linii kolejowych.

§§		Str.
1	Waga i ilość pociągów, obiór typu lokomotyw . . . . .	221
2	Wykres biegu pociągów, zużycie pracy . . . . .	231
3	Rozkład jazdy . . . . .	235
4	Obliczenie podstacji i przekrojów sieci . . . . .	236
5	Ogólne zużycie energii, moc elektrowni . . . . .	238
6	Określenie i ilość lokomotyw . . . . .	240

C Z Ę Ś Ć VIII.

E k s p l o a t a c j a.

Wstęp . . . . .	243
-----------------	-----

Rozdział XX.

Ruch i służba ruchu.

1	Rozkład jazdy, podział zajęć służby . . . . .	243
2	Wyszkolenie służby ruchu . . . . .	255
3	Kontrola ruchu i służba starsza . . . . .	258
4	Czynniki wpływające na zmniejszenie lub zwiększenie zużycia energii .	262
5	Wypadki, pogotowie . . . . .	277
6	Opłata za przejazd, bilety . . . . .	280
7	Statystyka . . . . .	286

Rozdział XXI.

S i e ć.

1	Trwałość sieci, roboty bieżące, ilość pracowników . . . . .	295
2	Narzędzia, przyrządy . . . . .	299
3	Pomiary . . . . .	304

Rozdział XXII.

T o r y.

1	Trwałość szyn . . . . .	315
2	Starcie faliste . . . . .	316
3	Złącza, zwrotnice, podłoże . . . . .	322
4	Utrzymanie torów . . . . .	323

Rozdział XXIII.

T a b o r.

§§		Str.
1	Utrzymanie taboru . . . . .	326
2	Trwałość materiałów . . . . .	328
3	Pomiary . . . . .	329

Rozdział XXIV.

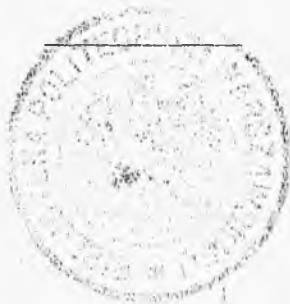
Dział handlowo-administracyjny.

. . . . .	334
-----------	-----

Rozdział XXV.

K o l e j e.

1	Uwagi ogólne . . . . .	336
2	Zużycie energii, obciążenie elektrowni, straty, współczynnik sprawności i t.d. . . . .	338
3	Dzienny i roczny przebieg lokomotyw, rewizje, utrzymanie . . . . .	340
	Wyciąg z przepisów dla służby ruchu Tramw. Miejsk. w Warszawie . . . . .	343
	Alfabetyczny spis rzeczy . . . . .	421



NR. 64