

DZIAŁ TRAKCYJNY.

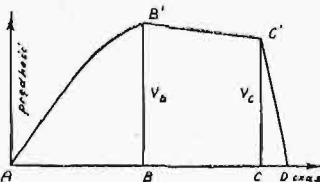
ODZYSKIWANIE ENERGJI ELEKTRYCZNEJ W TRAMWAJACH.

Inż. Z. Grabiński.

Streszczenie. W ciągu ostatnich paru lat w tramwajownictwie elektrycznym stała się bardzo aktualną sprawa odzyskiwania energii, traconej dotychczas podczas rozruchu i hamowania. Zagadnienie to stało się ważnym dla wielu przedsiębiorstw przede wszystkim ze względu na kryzys; po-
zatem powiększenie szybkości wozów tramwajowych, które miało miejsce we wszystkich miastach, tak znacznie pod-
wyższyło zapotrzebowanie energii, że bez poważnych jej oszczędności powstałaby konieczność powiększania elektro-
wni czy podstacyj zasilających. W pracy niniejszej przedsta-
wione są rozmaite systemy układów odzyskiwania energii i ogólne korzyści ich zastosowania oraz warunki, w których poszczególne systemy mogą pracować.

Jako wniosek wynika, że w przeważnej liczbie przed-
siębiorstw przeróbka istniejących urządzeń na systemy, po-
zwalające na odzyskiwanie energii, da wyniki korzystne oraz że przy zakupie nowych wyposażań elektrycznych przedsiębiorstwa tramwajowe powinny bezwzględnie stosować urządzenia do odzyskiwania energii.

Wóz tramwajowy, przebiegając pomiędzy dwoma są-
siednimi przystankami, pobiera z sieci energję pod posta-
cią prądu elektrycznego, która następnie zostaje przekształ-
cona przy pomocy silników na inną postać energii i czę-
ściowo idzie na pokonanie sił oporu trakcji, częściowo zaś
tracona jest w formie ciepła, wydzielanego przez rozma-
ite mechanizmy wozu.



Rys. 1.

Przejazd pomiędzy przy-
stankami możemy podzielić
na trzy okresy. W pierw-
szym A—B (rys. 1) nastę-
puje rozruch wozu, począt-
kowo na kolejnych kontak-
tach opornikowych, gdy dla
zdławienia napięcia w szereg z silnikami łączone są
oporniki rozruchowe, i następnie na ostatnim kontak-
cie jazdy, gdy oporniki są już wyłączone, a w dalszym
ciągu ma miejsce wzrost prędkości wozu. Po nabraniu pewnej
prędkości V_B , prąd zostaje w punkcie B wyłączony i wóz
toczy się dalej, korzystając z nabrałego poprzednio rozpędu.
Następuje drugi okres BC, jazdy z rozpędu, bez prądu, pod-
czas którego prędkość nieco opada ze względu na opór trak-
cji. Następnie przed zbliżeniem się wozu do przystanku, w
punkcie C, następuje ostatni okres jazdy — hamowanie; siły
hamujące, działające na obwodzie kół, zatrzymują wóz na
przystanku.

Energja jest dostarczana z sieci do wozu tylko w cią-
gu pierwszego okresu, gdy jest włączony prąd; zużywana
jest zato w ciągu całego przebiegu. Jeżeli rozpatrywać bę-
dziemy jazdę wozu na linii poziomej i prostej, wtedy ener-
gja zużyta składać się będzie:

1) z energii, zużytej na pokonanie oporu trakcji na
całej odległości międzyprzystankowej:

$$W_1 = \frac{r \cdot L \cdot s}{\eta}$$

gdzie r jest współczynnikiem oporu trakcji,

L — wagą wozu,

s — odległością między przystankami,

η — średnią sprawnością silników wraz ze spraw-
nością przekładni zębatej,

2) z energii, straconej w opornikach rozruchowych
— W_2 ,

3) z energii, która musiała być zniszczona podczas ha-
mowania wozu

$$W_3 = \frac{a' \cdot L \cdot v_c^2}{2 \cdot g \cdot \eta} - \frac{r \cdot L \cdot S_{CD}}{\eta},$$

gdzie a' jest współczynnikiem pozornego powiększenia ma-
sy ze względu na bezwładność obracających się części wozu,

g — przyspieszeniem ziemskim,

v_c — prędkością wozu w chwili C,

S_{CD} — drogą, przebytą podczas hamowania wozu.

Część $\frac{a' \cdot L \cdot v_c^2}{2 \cdot g \cdot \eta}$ jest w powyższym wzorze energją kine-
tyczną, którą wóz posiada w chwili rozpoczęcia hamowania,
zaś $\frac{r \cdot L \cdot S_{CD}}{\eta}$ energją, która od tej chwili, aż do całkowi-
tego zatrzymania wozu, będzie produkcyjnie zużyta na po-
konanie oporów trakcji.

Energja zatem całkowicie dostarczona będzie równa:

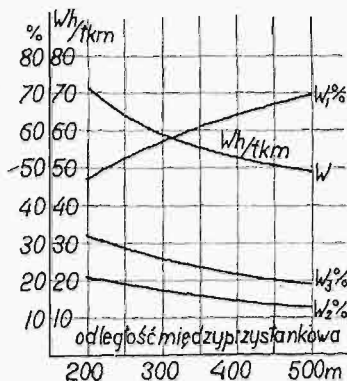
$$W = W_1 + W_2 + W_3 = \frac{r \cdot L \cdot s}{\eta} + W_2 + \frac{a' \cdot L \cdot v_c^2}{2 \cdot g \cdot \eta} - \frac{r \cdot L \cdot S_{CD}}{\eta}$$

W powyższym wzorze jedynie W_1 stanowi energję,
zużyta produkcyjnie na pokonanie oporów, przeciwstawi-
ających się ruchowi wozu, i chociaż wysiłki nasze idą w
kierunku zmniejszenia tej wielkości przez zmniejszenie współ-
czynnika oporu trakcji r , przez zmniejszenie ciężaru wozu
oraz przez powiększenie sprawności silnika i kół zębatach
 η , jednak z samej natury rzeczy całkowite usunięcie tego zu-
życia energii nie da się osiągnąć.

Natomiast energja W_2 jest nieprodukcyjnie zamienia-
na na ciepło w opornikach rozruchowych, zaś W_3 — cał-
kowicie niszczone w chwili hamowania; wydziela się ona w
postaci ciepła w silnikach i opornikach przy hamowaniu
zwarciowym, w klockach hamulcowych przy hamowaniu ręcz-
nem czy solenoidowem i w rozmaitych urządzeniach hamu-
lowych, powodując straty nie tylko wskutek niszczenia ener-
gji, ale także niszcząc i zużywając mechanizmy, przy któ-
rych pomocy hamowanie jest uskuteczniane.

Jeżeli według powyżej przytoczonych wzorów obli-
czymy dla rozmaitych odległości międzyprzystankowych po-
szczególne zużycia energii, otrzymamy wyniki, przedsta-
wione na rys. 3, gdzie całkowite zużycie energii W obliczone
jest w watogodzinach na tonokilometr, zaś poszczególne

części W_1 , W_2 i W_3 w procentach całkowitego zużycia. Obliczenie zostało wykonane dla wozu silnikowego obciążonego o wadze 17 t; średni współczynnik oporu trąkcyj przyjęty został 10 kg/t, straty w opornikach rozruchowych 3 Wh/t, a średnia sprawność silnika $\eta = 0,81$; wóz silnikowy jest zaopatrzony w dwa silniki typu TC40 z przekładnią 1:5, o średnicy kół tocznych 720 mm. Przytem dla obliczeń (rys. 2) przyjęty został początek hamowania w chwili, gdy prędkość wozu spadnie do 18 km/godz., dla rys. 3 zaś — gdy spadnie do 25 km/godz.



Rys. 2.

Rozdział energii, pobranej z sieci. Początek hamowania 18 km/godz. W — całkowita energia pobrana w Wh/t, W_1 — energia zużyta na przejazd w %, W_2 — straty w opornikach w %, W_3 — straty wskutek hamowania w %.

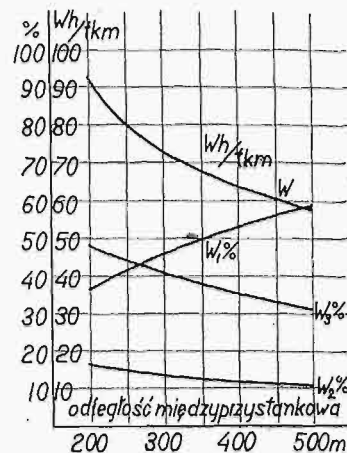
dzypyprzystankowych mniejszych osiągają one wyższe procentowe wartości, dochodząc w sumie do 65%. Porównując między sobą oba wykresy, możemy stwierdzić, że energia W_3 zależy w znacznym także stopniu od prędkości, od której hamowanie się rozpoczyna, wzrastając szybko wraz z jej wzrostem. Im mniejsze mieć będziemy odległości międzyprzystankowe, a także, gdy przy dużych nawet odległościach ruch wozu tramwajowego po ulicy będzie utrudniony, gdy motorowy będzie zmuszony do zwalniania, a nawet zatrzymywania się pomiędzy przystankami, wreszcie im średnia prędkość handlowa będzie wyższa, tem zużycie energii traconej podczas hamowania i rozruchu osiągnie większe wartości.

Z jednej więc strony konieczność przyśpieszenia ruchu wozów tramwajowych, z drugiej — trudniejsze warunki jazdy na ulicach miast, a pozatem trudne warunki ekonomiczne, — wszystko to pobudziło techniczny świat trakcyjny do prób i badań w kierunku zmniejszenia względnie odzyskania spowrotem tych strat.

Gdybyśmy, zamiast rozpatrywać przejazd wozu na poziomie, wzięli pod uwagę wóz, który między punktami A i D wjeżdża na pewne wzniesienie, to do energii, doprowadzonej normalnie do wozu, przybyłaby jeszcze jedna część, którą poszła na pokonanie oporu tego wzniesienia, pozostając w wozie w postaci energii potencjalnej. Przy zjeżdżaniu wozu z tej pochyłości, czyli przy jeździe powrotnej, nastąpiłaby zamiana tej energii na energię kinetyczną wozu; nie chcąc, żeby wóz nabrał zbyt dużej prędkości, musielibyśmy także i tę energię zniszczyć w jakiś sposób podczas hamowania. Jeżeli więc chodzi o odzyskanie energii, to i ta część mogłaby wchodzić w grę i systemy, stosowane na kolejach głównych, mają na celu odzyskanie tej właśnie energii spadku; w tramwajach jednak, których linie nie mają zwykle długich ani znacznych wzniesień, ten wzgląd nie odgrywa większej roli, gdyż energia,

tracona w chwili hamowania, stanowi i tak już poważną wielkość. W eksploatacji tramwajowej wpływ górzystości terenu jest tylko ten, że w przedsiębiorstwach, które rozpoczęły odzyskiwać straconą energię podczas hamowania, większe oszczędności w stosunku do poprzedniego zużycia są tam, gdzie linie posiadają więcej spadków i wzniesień.

Podobnie wygląda sprawa odzyskiwania energii na miejskich kolejach podziemnych i szybkich nadziemnych, gdzie pomimo znacznie większych odległości międzyprzystankowych, niż w tramwajach, mało jest używana jazda bez prądu ze względu na możliwie wysoką prędkość średnią; hamowanie rozpoczyna się więc przy stosunkowo dużej prędkości. Na kolejach głównych, gdzie jazda jest prowadzona w sposób bardziej ekonomiczny i gdzie mamy do czynienia z dużymi odległościami międzyprzystankowymi, stosowanie odzyskiwania energii tylko wtedy ma rację bytu, gdy linia posiada duże i długie wzniesienia.



Rys. 3.

Rozdział energii, pobranej z sieci. Początek hamowania 25 km/godz. W — całkowita energia pobrana w Wh/t, W_1 — energia zużyta na przejazd w %, W_2 — straty w opornikach w %, W_3 — straty wskutek hamowania w %.

W układach odzyskiwania energii nigdy nie jest od dawana na sieć całkowita energia hamowania W_3 , gdyż przede wszystkim podczas pracy silnika jako prądnic istnieją nieuniknione straty elektryczne i mechaniczne, a następnie nie odzyskujemy całej energii kinetycznej, istniejącej w wozie w chwili początku hamowania, tylko jej część, zawartą pomiędzy prędkościami v_c oraz jakąś v_c' . Prędkość v_c jest prędkością początku hamowania, prędkość zaś v_c' , której stosunek do v_c ze względów konstrukcyjnych silnika jest dla każdego systemu odzyskiwania ściśle określony, zmienia się w zależności od systemu od 6 do 12 km/godz. Wartość v_c' ma znacznie mniejszy niż v_c wpływ na ilość odzyskanej energii, gdyż energia kinetyczna jest proporcjonalna do kwadratu prędkości i np. przy stosunku $v_c : v_c' = 5 : 1$, oraz $v_c = 40$ km/godz., czyli przy $v_c' = 8$ km/godz., energia kinetyczna, zawarta pomiędzy 40 km/godz. a 8 km/godz., stanowi 96% całkowitej energii kinetycznej wozu w początku hamowania.

Prace nad odzyskiwaniem energii elektrycznej datują się prawie od wprowadzenia silników elektrycznych do tramwajownictwa, lecz początkowo były to luźne próby i doświadczenia, dopóki same silniki nie zostały udoskonalone przez wprowadzenie biegunów komutacyjnych i t. p. Ostatnio ustalił się typ silnika elektrycznego, stosowanego w tramwajownictwie. Jest to silnik szeregowy prądu stałego, posiadający bieguny komutacyjne, dawniej zamknięty, a w ostatnich czasach samoprzewietrzany. Doniedawna wszystkie przedsiębiorstwa tramwajowe posiadały ten typ silnika, który ma wielkie zalety ze względu na dużą moc w chwili rozruchu, łatwe przewyciężanie przeciążeń, znaczne zmniejszanie prędkości przy wjeżdżaniu na wzniesienia, a zatem częściową samoregulację poboru mocy, oraz dobre warunki komutacyjne przy rozmaitych obciążeniach. To ostatnie jest spowodowane tem, że przy każdym obciążeniu zarówno strumień magnetyczny główny, jak i strumień

biegunów komutacyjnych, jest w jednakowym stopniu zależny od prądu.

W roku 1928 na kongresie komunikacji miejskiej w Rzymie przedstawiono dwie metody odzyskiwania energii w tramwajach: system Somajni oraz Della Riccia. Oba te systemy są praktycznie stosowane w paru przedsiębiorstwach i dają wyraźne korzyści. Następnie bardzo poważne wyniki dały próby, przeprowadzane we Francji przez Bacquerisse'a i Lièvre'a, których dwa systemy, oparte na zastosowaniu silników szeregowo-bocznikowych, przedstawione były w roku 1930 na kongresie komunikacyjnym w Warszawie oraz na specjalnym pokazie w Paryżu.

Referat, wygłoszony w Warszawie przez L. Bacquerisse'a, naczelnego dyrektora technicznego Towarzystwa Przewozów Publicznych w Paryżu, wywołał duże poruszenie wśród świata trakcyjnego, bo prelegent podał w nim nietylko bardzo ciekawy system odzyskiwania energii, ale za komunikował, że w wyniku dotychczas przeprowadzonych prób wielkie przedsiębiorstwo tramwajów paryskich przechodzi we wszystkich swych wozach na układ, pozwalający na odzyskiwanie energii. Od roku 1930 następuje szybki postęp w tej dziedzinie, gdyż doświadczenia paryskie pobudziły cały szereg przedsiębiorstw do samodzielnych prób w tym kierunku.

Prawie równocześnie z pracami w Paryżu, a nawet nieco wcześniej, bo od roku 1926, prowadzone są próby w Niemczech przez Schwennda w tramwajach norymberskich, a następnie powstają systemy, opracowane przez firmy A. E. G., Bergmanna i próbowane w kilku przedsiębiorstwach, między innymi w Hannoverze i Frankfurt nad Menem.

Toteż referat wspólny L. Bacquerisse'a i W. Mattersdorffa, dyrektora Towarzystwa Kolei Górnej w Hamburgu, wygłoszony na następnym kongresie komunikacji miejskiej w Hadze w roku 1932, przyniósł cały szereg nowych systemów, między innymi nowy system Bacquerisse'a oraz wyniki nowych prac, przeprowadzonych w wielu przedsiębiorstwach.

W ostatnich czasach prawie każde większe przedsiębiorstwo tramwajowe podjęło próby, mające na celu odzyskiwanie energii, opracowując swój własny system lub korzystając z systemów poprzednio opracowanych.

W ten sposób w chwili obecnej jest bardzo duża ilość systemów odzyskiwania energii, mniej lub więcej różniących się między sobą, można je jednak podzielić na kilka grup zasadniczych.

Przedewszystkiem wszystkie systemy można podzielić na 3 grupy w zależności od rodzaju silników trakcyjnych, używanych do jazdy oraz hamowania wozów, a mianowicie: z silnikami szeregowymi, bocznikowymi i szeregowo-bocznikowymi, a następnie każdą grupę — w zależności od zasadniczych różnic pomiędzy poszczególnymi systemami. W ten sposób otrzymamy podział następujący:

1. Silniki szeregowe.

a) Obce wzbudzenie silnika z przetwornicy; silniki, zasilane napięciem zmiennej wysokości zapomocą dzielnika napięcia — motor-generatora (syst. Della Riccia).

b) Dodatkowe wzbudzenie silników z sieci trakcyjnej.

c) Dodatkowe wzbudzenie silników z przetwornicy,

d) Dodatkowe wzbudzenie silników z baterji akumulatorów.

2. Silniki bocznikowe.

3. Silniki szeregowo-bocznikowe.

a) Silniki, zasilane napięciem zmiennej wysokości zapomocą dzielnika napięcia — motor-generatora (syst. Somajni),

b) Silniki połączone stale w szereg.

c) Silniki połączone stale równolegle.

d) Silniki połączone w szereg i równolegle przy jeździe i odzyskiwaniu energii.

4. Silniki szeregowo-bocznikowe, pracujące podczas jazdy tylko jako szeregowe.

a) Silniki, pracujące jako szeregowe podczas całej jazdy.

b) Silniki, pracujące jako szeregowe tylko w połączeniu równoległym.

Rozpatrzmy pokolei wszystkie powyżej wymienione systemy.

1. Silniki szeregowe.

Zasadniczą tendencją systemów odzyskiwania energii przy zastosowaniu silników szeregowych była chęć wyzyskania do tego celu istniejących silników, ponieważ ze względu na trudne warunki ekonomiczne niechętnie są one zastępowane przez silniki nowe.

Silnik szeregowy bez odpowiednich zmian nie nadaje się do odzyskiwania energii, gdyż, chociaż mógłby wytwarzać, załączony na sieć, napięcie wyższe od napięcia sieci i oddawać prąd, jednak jest wtedy ogromnie czuły na wahania napięcia sieci. Każde zmniejszenie się tego napięcia powoduje powiększenie prądu, posyłanego do sieci, to zaś ze swej strony powiększa wzbudzenie silnika trakcyjnego i jego siłę elektromotoryczną, co wzmacnia jeszcze bardziej prąd oddawany i t. d. Zjawisko to czyni zupełnie niemożliwą pracę silnika szeregowego jako prądnicy na sieć i dlatego w systemach odzyskiwania energii przy zastosowaniu silników szeregowych w chwili hamowania silniki pracują jako obcowzbudne, co daje czystą charakterystykę bocznikową, lub przez zastosowanie specjalnego układu ich charakterystyka zmienia się na podobną do charakterystyki prądnicy szeregowo-bocznikowych.

a. System Della Riccia.

System ten, który obecnie przestał być stosowany ze względu na bardzo skomplikowany układ i aparaturę, był praktycznie zastosowany na kolei nadziemnej w Hamburgu oraz na kolei podziemnej w Buenos-Aires.

W wozie zainstalowany jest dzielnik napięcia w formie dwóch maszyn, w których każdy twornik posiada dwa uzwojenia oraz dwa kolektory. Tworniki obu maszyn osadzone są na wspólnym wale i wszystkie cztery ich uzwojenia połączone są w szereg na całkowite napięcie sieci. Wzbudzenia obu maszyn są także załączone na sieć poprzez oporniki regulujące i prąd wzbudzenia regulowany jest w ten sposób, że przy powiększaniu wzbudzenia jednej maszyny wzbudzenie drugiej zmniejszane jest o taką samą wartość. Każdy z silników trakcyjnych wraz z szeregowo połączonym swoim wzbudzeniem jest podczas rozruchu kolejno łączony na jedno, dwa, trzy lub cztery uzwojenia dzielnika napięcia tak, że, korzystając także z regulacji wzbudzenia dzielnika, otrzymujemy przy rozruchu na każdym silniku kolejno napięcia $1/12$, $2/12$, $3/12$ i t. d. aż do $12/12$ całkowitego napięcia sieci.

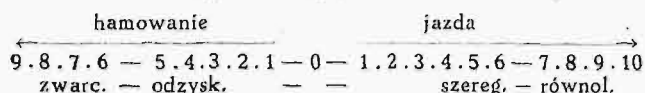
Przy hamowaniu z odzyskiwaniem energii wzbudzenia silników trakcyjnych, połączone między sobą w szereg, są zasilane przez specjalną prądnice, której prąd może być zmieniany przez regulację jej wzbudzenia, tworniki zaś silników łączone są w rozmaity sposób na dzielnik napięcia. Poza to pod koniec hamowania z odzyskiwaniem można przełączyć silniki na normalne hamowanie zwarcio-we, które prowadzi do całkowitego zatrzymania pociągu.

Próby, przeprowadzane w Hamburgu, dały oszczędności w zależności od odległości międzyprzystankowej od

23% do 41,5% w stosunku do zużycia energii przy zwykłym systemie hamowania i rozruchu. Układ pracował bardzo dobrze.

b. *Dodatkowe wzbudzenie silników szeregowych z sieci trakcyjnej. (System A. E. G.)*

Podczas rozruchu i jazdy silniki są załączone i pracują tak, jak przy zwykłych silnikach szeregowych. W chwili hamowania korbę nastawnika cofa się na 0 i następnie na pierwsze stopnie hamowania; wtedy zostaje zamknięty układ odzyskiwania energii, przytem tworniki silników są połączone w tym układzie szeregowo, zaś wzbudzenia zasilane są oddzielnie wprost z sieci przez odpowiednio regulowane opory. Na kontaktach hamulcowych od 6 do 9 następuje zwykle hamowanie zwarciove, aż do całkowitego zatrzymania wozu. Schematycznie możemy przedstawić układ nastawnika, jak następuje:



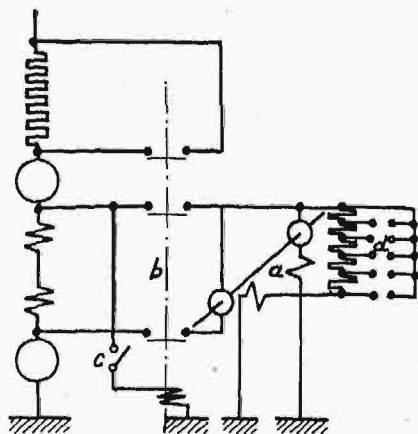
Układ odzyskiwania włącza się automatycznie na sieć dopiero wtedy, gdy napięcie jego jest o 20 woltów wyższe od napięcia sieci. Gdy napięcie w sieci spadnie (np. wskutek wyłączenia automatu na elektrowni), hamowanie na kontaktach od 1 do 5 odbywa się zwarciovo na oporniki. Układ powyższy był zastosowany w Chemnitz, gdzie przy próbach na wozie silnikowym wraz z przyczepnym, gdy przyczepny był hamowany zapomocą solenoidu, otrzymano oszczędność 11%. Próby przeprowadzono także w Kassel, we Frankfurcie, w Koyasan (Japonja), a następnie w Sztokholmie (gdzie osiągnięto oszczędność 5%) i w Bad-Homburg (oszczędność 10 do 12%).

Małe stosunkowo oszczędności są wywołane dużym zużyciem energii, straconej na zasilanie z sieci uzwojeń wzbudzących, a pozatem pozostawieniem w tym systemie nieekonomicznego rozruchu opornikowego.

c. *Dodatkowe wzbudzenie silników z przetwornicy.*

a) *System Bergmanna.*

Nieco uproszczony układ połączeń tego systemu jest przedstawiony na rys. 4. W wozie mamy zainstalowaną przetwornicę (a), której silnik (szeregowy) załączony jest do sieci, zaś prądnicą (bocznikowa) o wzbudzeniu, regulowanym przez nastawnik (d), wzmacnia wzbudzenie silników trakcyjnych.

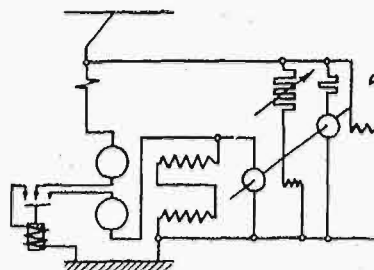


Rys. 4.

Układ połączeń wozu dwumotorowego syst. Bergmanna.

- a — przetwornica,
- b — przekładnik hamulcowy,
- c — wyłącznik hamulcowy,
- d — nastawnik hamulcowy.

Rozruch odbywa się normalnie według dawnego sposobu opornikowego, przy szeregowym i równoległym połączeniu silników. Gdy prowadzący wagon chce rozpocząć hamowanie, cofa korbę na ostatni kontakt szeregowy i jednocześnie naciska wyłącznik (c). Wtedy zostaje puszczone w ruch przetwornica i odbywa się odzyskiwanie energii,



Rys. 5.

przyczem nastawnik hamulcowy (d) jest sprzężony z nastawnikiem głównym mechanicznie w taki sposób, że, przestawiając w stronę 0 korbę walca głównego, reguluje się jednocześnie wzbudzenie prądnicy przetwornicy (a) oraz otrzymuje się coraz silniejsze hamowanie z odzyskiwaniem energii. Po przeciwnej stronie 0 znajdują się normalne kontakty hamulcowe zwarciove, zapomocą których można hamować wóz w razie zmniejszenia się napięcia w drucie roboczym i w celu całkowitego zatrzymania wozu. System ten został wypróbowany w Hannoverze, gdzie otrzymano oszczędność 32% w stosunku do zużycia energii przy zwykłym systemie szeregowym. Prądnicą przetwornicy, chociaż jest przewidziana dla dużego prądu, posiada bardzo małe napięcie, dlatego moc całej przetwornicy wynosi ok. 3 kW a waga — 170÷200 kilogramów.

Nastawnik nie jest przerabiany, tylko dołączony jest obok niego nastawnik hamulcowy (d), mechanicznie sprzężony z głównym.

§) *System Frankfurtu nad Menem.*

We Frankfurcie nad Menem zastosowano układ, podobny do powyżej opisanego z tą tylko różnicą, że uniknięto wyłącznika hamulcowego (c rys. 4), zaś odzyskiwanie jest wykonywane na specjalnych kontaktach hamulcowych, znajdujących się na nastawniku po drugiej stronie 0 (jak normalne hamulcowe). Poczynając od 0, na 1-ym, 2-im i 3-im kontakcie hamowanie jest z odzyskiwaniem energii, zaś na 4-ym i 5-ym ma miejsce zwykle hamowanie opornikowe. Układ połączeń podaje rys. 5.

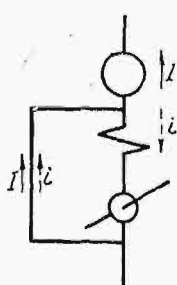
Otrzymano oszczędność od 35 do 38% w stosunku do systemu dawnego hamowania.

γ) *System Siemens.*

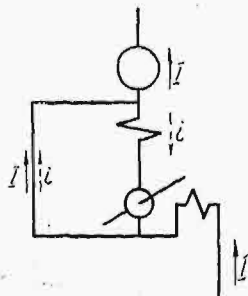
W ostatnich czasach Siemens opracował nowy układ odzyskiwania zapomocą przetwornicy; twornik prądnicy jest szeregowo połączony z twornikiem silnika trakcyjnego i jego wzbudzeniem. Układów takich może być trzy: (rys. 6, 7 i 8).

W układzie, podanym na rys. 6, na prąd wzbudzenia silnika trakcyjnego (i) nie wpływa wcale główny prąd (I); układ odzyskiwania ma charakter silników bocznikowych. W układach, podanych na rys. 7 i 8, wzbudzenie silnika trakcyjnego jest zależne częściowo i od prądu głównego (I), przepływającego przez jego twornik, układ zatem ma charakter szeregowo-bocznikowy, różnicowy. Dobierając odpowiednio opornik R (rys. 8), możemy otrzymać układ, w którym prąd odzyskany będzie w bardzo małym stopniu zależał od prędkości wozu, dzięki czemu do odzyskiwania energii wystarczy wogóle jeden stopień nastawnika. Taki

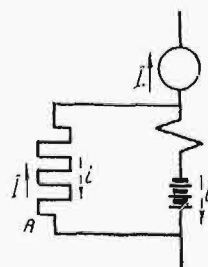
układ jest stosowany w Saarlal, gdzie odzyskiwanie dokonywane jest na 1-y kontakt hamulcowym, a kontakty 2, 3, 4 i 5 uskuteczniają zwykłe hamowanie zwarciove. Otrzymano tam oszczędność 28% przy wadze całego urządzenia ok. 10% wagi wyposażenia elektrycznego wozu.



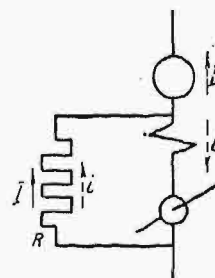
Rys. 6.



Rys. 7.



Rys. 8.



Rys. 9.

d. Dodatkowe wzbudzenie silników z baterji akumulatorów.

Zasada tego systemu jest podobna do poprzednio opisywanych, przetwornicowych. Rozruch szeregowych silników trakcyjnych odbywa się przy zastosowaniu oporników. Przy przełączeniu nastawnika na odzyskiwanie energii silniki trakcyjne zostają połączone w pewien układ (rys. 9) wraz z baterją akumulatorów oraz opornikiem R.

Przez odpowiedni dobór napięcia baterji oraz oporu R można osiągnąć dowolny kształt zależności odzyskiwanego prądu I od prędkości wozu i dlatego ilość kontaktów odzyskiwania energii może być znacznie mniejsza, przytem charakterystyka silnika w chwili hamowania podobna jest do charakterystyki prądnicy szeregowo-bocznikowej, różnicowej. Próby takiego układu z baterją akumulatorów były wykonywane w Stuttgardzie w r. 1932, lecz nie dały wyników zadowalających ze względu na koszt utrzymania akumulatorów. Później wznowiono je znów we Wrocławiu, gdzie od początku 1933 r. kursuje wóz doświadczalny, zaopatrzony w urządzenie tego systemu. Tutaj zostały zastosowane akumulatory żelazo-niklowe, które podczas rozruchu połączone są w szereg z silnikiem jako część oporników rozruchowych i w ten sposób są ładowane. Sposób ten, możliwy jedynie przy użyciu akumulatorów żel.-nikl., ma jeszcze tę dobrą stronę, że nie powoduje dużego zużycia energii, któryby przy ładowaniu wprost z sieci musiała być niszczone w opornikach, a pozatem pozwala odzyskać zapomocą akumulatora część energii, która tracona jest normalnie podczas rozruchu. Możliwe jest jednak stosowanie takiego sposobu ładowania tylko w tych przedsiębiorstwach, gdzie nie ma większych i długich wzniesień; w przeciwnym razie konieczne jest dodatkowe doładowywanie baterji. Hamowanie zwarciove jest uskuteczniane przez zwarcie silników trakcyjnych na oporniki, pozostawiając włączoną baterję i opornik R, jak przy odzyskiwaniu energii (rys. 9). Wskutek tego charakterystyka hamowania $J = f(v)$ i w tym wypadku jest bardzo korzystna i pozwala na zastosowanie tylko 3 stopni hamulcowych.

System ten działa podobno dotychczas ku zupełnemu zadowoleniu.

2. Silniki bocznikowe.

Zastosowanie w celu odzyskiwania energii silników bocznikowych spotyka się w bardzo niewielu przedsiębiorstwach, gdyż silnik ten dla pracy trakcyjnej posiada cały szereg wad, jak: duży pobór mocy przy wjeżdżaniu na

wzniesienia czy łuki, dużą indukcyjność bocznikowego uzwojenia wzbudzenia i t. d.

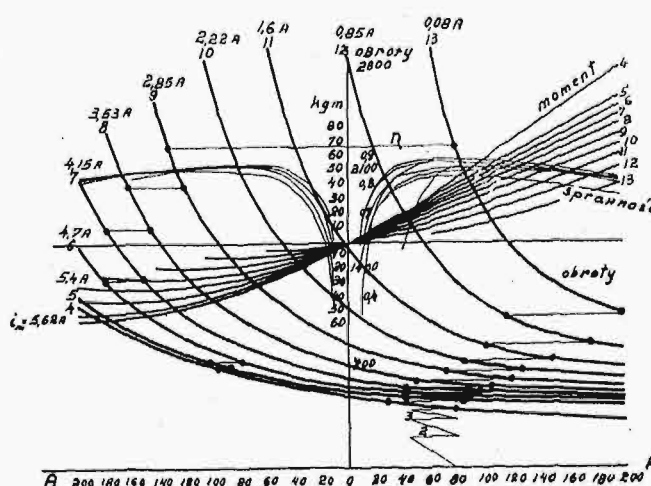
System Alexandria & Ramleh Railway Co.

Silniki bocznikowe zostały zastosowane, o ile mi wiadomo, jedynie w tramwajach w Aleksandrii, gdzie linie

tramwajowe położone są na poziomie, gdzie zatem odpadają niektóre trudności, wynikające z charakteru bocznikowego silników. Pracują one od 1931 r. przy łączeniu szeregowym i równoległym silników, lecz na przyszłość ma być wprowadzone połączenie stałe silników (w szereg lub równoległe). Przypuszczam, że ma to na celu zmniejszenie trudności przy przełączaniu silników o dużej samoindukcji. Hamowanie zwarciove nie jest wcale stosowane, a zatrzymanie całkowite wozów jest uskuteczniane przez hamulce pneumatyczne. Osiągnięta oszczędność wynosi 21,5%.

3. Silniki szeregowo-bocznikowe.

Silniki szeregowo-bocznikowe łączą w sobie poczęści wszystkie zalety i wady silników szeregowych i bocznikowych i zbliżają się do jednych lub drugich w zależności od stosunku amperozwojów wzbudzenia szeregowego do bocznikowego. Regulując ten stosunek, mamy możliwość w rozmaitych okolicznościach dopasowywać charakter silnika, ażeby wyzyskać dobre strony zarówno silników szeregowych, jak bocznikowych. Pracując podczas odzyskiwania energii jako prądnice na sieć, nie są one tak bardzo czułe na wahania napięcia sieci, jak silniki szeregowy, — tem-



Rys. 10.

Charakterystyki obrotów, momentu i sprawności silnika szeregowo-bocznikowego.

bardziej, że pracują wtedy przeważnie w układzie wzbudzenia różnicowego, który daje pracę najspokojniejszą.

Główną zaletą silników szeregowo-bocznikowych jest, podobnie jak silników bocznikowych, zupełnie automatycz-

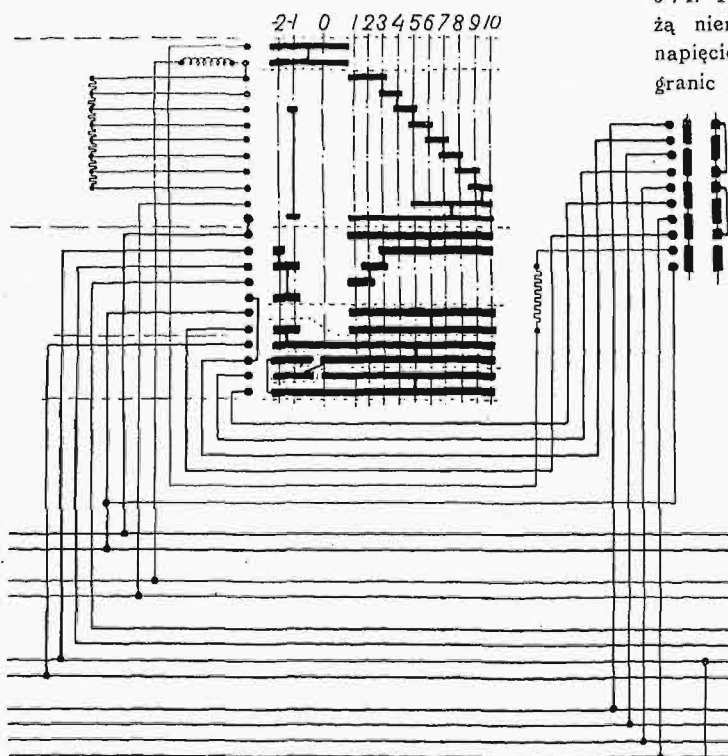
ne oddawanie prądu na sieć, bez żadnego dodatkowego przełączania z chwilą przekroczenia przez wóz określonej dla danego kontaktu prędkości. Wtedy też, spowodu zmiany kierunku prądu, następuje jednocześnie odwrotny kierunek strumienia szeregowego, który przeciwdziała, co jest najbardziej odpowiednie, strumieniowi bocznikowemu.

Wykres charakterystyczny silnika szeregowo-bocznikowego podczas jazdy i hamowania z odzyskiwaniem energii podany jest na rys. 10.

a. System Somañi.

Na wozie zmontowany jest motor-generator jako dzielnik napięcia. Jest on wykonany jako jedna maszyna, która posiada trzy uzwojenia twornika oraz trzy komutatory. Włączając silniki trakcyjne na rozmaite uzwojenia tego dzielnika napięcia oraz szeregowo i równolegle względem siebie, otrzymamy na zaciskach każdego silnika $1/8$, $1/4$, $3/8$, $1/2$, $3/4$ oraz całkowite napięcie sieci.

Odzyskiwanie energii otrzymujemy na tych samych kontaktach nastawnika, co rozruch, i wywołujemy je po rozpędzeniu wozu przez proste cofnięcie korby na poprzedni kontakt.



Rys. 11.

Nastawnik ma następujący układ:
hamowanie z odzyskiwaniem
← jazda
0 — 1. 2. 3. 4 — 5. 6. 7. 8
szereg. równol.

Na kontaktach 7 i 8 uzwojenie szeregowo magnesów jest bocznikowe.

System ten stosowany był w Medjolanie, gdzie dał 26% oszczędności, oraz w Rzymie, gdzie oszczędność zużycia energii wyniosła 22%. Dalszego zastosowania system ten nie miał ze względu na skomplikowane i kosztowne urządzenie oraz na trudności, spowodowane przerywaniem obwodu silników przy każdym przejściu z jednego kontaktu na drugi.

b. Silniki połączone stałe w szereg.

System ten stosowany jest chętnie, gdyż posiada nadzwyczajną prostotę układu połączeń, wymaga jednak zastosowania silników o znacznie większej mocy, niż przy systemach z przełączaniem silników na połączenie szeregowo i równoległe; może być więc zastosowany tylko przez te przedsiębiorstwa, których silniki w stosunku do swych warunków pracy mają moc za dużą lub też tam, gdzie moc ich może być w łatwy sposób powiększona.

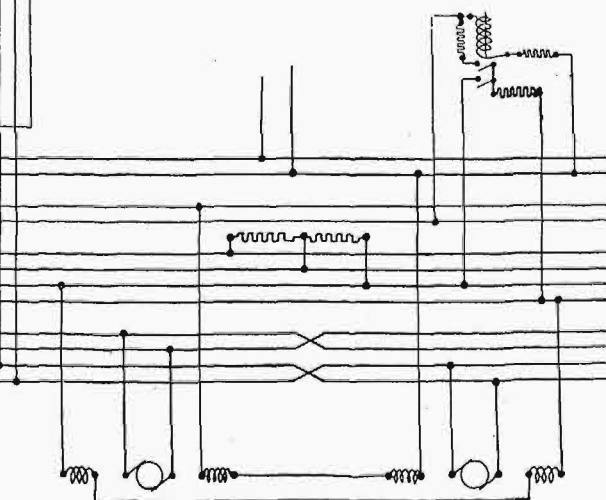
a) System Bacquerisse I.

Układ, przedstawiony w roku 1930 w Warszawie, polegał właśnie na połączeniu silników stałe w szereg. Zastosowany był on wtedy do tramwajów w Paryżu i dotychczas, chociaż powstały nowe, późniejsze systemy, wozy paryskie są przerabiane według tego systemu.

Zwojów szeregowych jest tutaj wogóle niedużo i dzięki temu można osiągnąć duże osłabienie pola, a zatem duże granice prędkości, przy których odzyskiwanie jest możliwe. W tym systemie możemy hamować z odzyskiwaniem energii przy prędkościach wozu pomiędzy 40 km/godz. i 8 km/godz., czyli przy stosunku granicznych prędkości 5:1. Tak znaczne osłabienie pola głównego wywołuje dużą nierównomierność rozkładu napięcia na komutatorze; napięcie międzywycinkowe dlatego jedynie nie przekracza granic dopuszczalnych ze względu na komutację, że przy stałym szeregowym połączeniu silników napięcie między sąsiednimi szczotkami wynosi tylko 300 woltów.

Przy rozruchu na opornikach całkowite wzbudzenie bocznikowe jest załączone na sieć i dodaje się do wzbudzenia szeregowego. To samo dzieje się przy hamowaniu oporowem wozu (patrz schemat nastawnika).

Przekaznik przeciw nadmiernemu wzro-



stowi napięcia w sieci odłącza układ odzyskiwania, gdy napięcie silników dojdzie do 675 woltów.

Konieczność większej mocy silników, wywołana przez stałe połączenie szeregowo, zaspokojona została w Paryżu przez zmianę przekroju drutu w tworniku z okrągłego na kwadratowy, co dało możliwość pomieszczenia większego przekroju.

Nastawnik posiada układ następujący:

hamow. hamowanie
← jazda
2. 1 — 0 — 1. 2 — 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10
ham. rozruch. jazda i
opor. opor. odzyskiwanie

Układ połączeń wozu wskazuje rys. 11, na którym widać, że wzdłuż wozu idzie tylko 12 kabli, z których 2, jako napięciowe, mogą mieć znacznie mniejszy przekrój, niż pozostałe. Układ jest nadzwyczaj prosty.

W Paryżu otrzymano oszczędność energii 25% przy jednoczesnym zmniejszeniu wagi urządzenia elektrycznego wozów o ok. 400 kg i uproszczeniu układu połączeń.

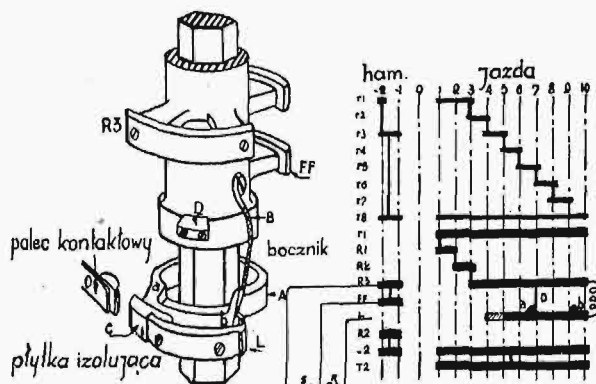
Przeróbka wyposażenia jest tak niewielka, że roczna oszczędność kosztów energii 2 razy przewyższa oprocentowanie i amortyzację kosztów przeróbki.

Ten sam układ zastosowano także w Berlinie i otrzymano od 13,5% do 20% oszczędności w porównaniu do poprzedniego zwykłego systemu silników szeregowych. Granice prędkości przy odzyskiwaniu wynoszą tam od 35 km/godz. do 8,0 km/godz.

β) System Bacquerisse II.

Miała ilość zwojów szeregowych, zastosowana przy poprzednim systemie, jest wygodna przy rozruchu, gdy korzystny jest szeregowy charakter silnika trakcyjnego. Z drugiej strony, przy odzyskiwaniu energii jest to konieczne, ażeby otrzymać duże granice prędkości, w których to odzyskiwanie jest możliwe.

Ażeby te dwie sprzeczności pogodzić, w silniku tego systemu jest więcej zwojów szeregowych, niż przy systemie poprzednim, zaś na nastawniku zastosowany jest kontakt ślizgowy (rys. 12), który przy posuwaniu korby wprzód na kontaktach jezdnych od 1 do 4 daje całkowite wzbudzenie szeregowo, zaś na kontaktach od 5 do 10 bocznikuje to wzbudzenie do 50%. Przy cofnięciu korby chociażby o jedno położenie w stronę 0 kontakt ślizgowy powoduje jeszcze silniejsze zbocznikowanie wzbudzenia szeregowego, nadając silnikowi podczas odzyskiwania energii charakter zbliżony bardziej do bocznikowego.



Rys. 12.

System ten próbowany w Paryżu dał oszczędność około 30%, lecz nie przyjął się ze względu na komplikacje nastawnika przez kontakt ślizgowy.

c. Silniki połączone stale równolegle.

Ażeby moc i waga silnika była możliwie mała, żeby więc można było łatwo przerabiać istniejące silniki na szeregowo-bocznikowe, stosowane jest stałe połączenie równoległe silników. Jest to jednak rozwiązanie trudne na ogół ze względu na komutację, gdyż przy tak dużym osłabieniu pola i nierównomiernym rozkładzie napięcia na komutatorze, a następnie przy dużym napięciu między szczotkami (pełne napięcie sieci) otrzymujemy wysokie napięcie międzywycinkowe.

Dlatego więc w przedsiębiorstwach, stosujących ten system, osłabienie pola biegunów głównych, a co za tem idzie i granice prędkości, przy których odzyskiwanie jest

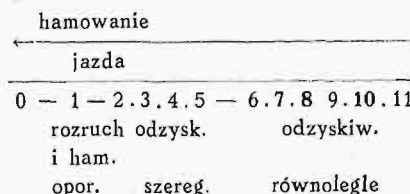
możliwe, są stosunkowo nieduże. W Marsylii stosunek tych prędkości wynosi 3,4:1, zaś w Wersalu 2,3:1. Z tego powodu należy się spodziewać, że i oszczędności energii będą przy tym systemie mniejsze, niż przy innych.

d. Silniki, połączone w szereg i równolegle.

System ten nie wymaga tak dużego osłabienia pola, jak przy połączeniu stale w szereg, gdyż granice odzyskiwania energii są powiększone przez przełączanie silników w szereg i równoległe. Jednocześnie potrzebna moc silników, w stosunku do poprzednio używanego normalnego systemu silników szeregowych, niewiele się zmienia, szczególnie, gdy przy poprzednim systemie zastosowane było hamowanie elektryczne zwarciove (6 do 8%). Trudności przy tym systemie polegają jedynie na przełączeniu z połączenia szeregowego na równoległe układu, w którym znajduje się uzwojenie bocznikowe silników, posiadające znaczną indukcyjność. Systemy tego przełączania są rozmaite i polegają na zwieraniu silników w czasie przełączania lub też na całkowitem przerwaniu uzwojeń bocznikowych. Wada tych systemów w porównaniu do 2-ch systemów poprzednich polega na znacznie bardziej skomplikowanym układzie połączeń.

a) System Lièvre.

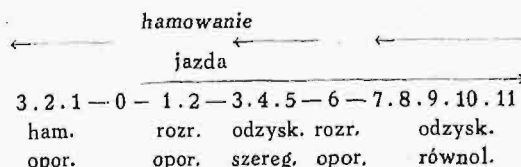
Stosowany od roku 1930 w Marsylii oraz Wersalu daje takie osłabienie pola, że na każdym połączeniu szeregowym czy równoległym stosunek prędkości przy odzyskiwaniu wynosi 3:1, czyli, uwzględniając przełączanie, stosunek ten dla wozu przedstawia się jak 6:1. Z powodu tak dużego stosunku prędkości wystarcza do rozruchu jeden tylko stopień rozruchu opornikowego. Schemat nastawnika jest następujący:



Przejście z położenia 5 na 6 powoduje przełączenie silników z położenia szeregowego na równoległe i dlatego powinno być ono specjalnie wolno wykonywane. Przez cofanie korby następuje odzyskiwanie energii, aż do położenia 2, zaś przy cofaniu korby z 2 na 1 wyłącza się automatycznie połączenie z siecią jezdnią i silniki zostają zwarte na oporniki, co powoduje hamowanie zwarciove wozu. Z tego więc powodu przy tym systemie wyłączenie prądu bez zahamowania nie jest możliwe; niemożliwa jest zatem jazda bez prądu, z rozpędu. Gdy napięcie przy odzyskiwaniu wzrośnie do 675 woltów, wtedy zostaje także przerwane połączenie z siecią jezdnią. Oszczędność w stosunku do dawniej stosowanego zwykłego systemu wyniosła 10,6÷31,6% dla wozów silnikowych, 16÷25% dla wozu silnikowego z przyczepnym i 25,4÷35,7% dla wozu silnikowego z 2 przyczepami.

β) System Manchesteru.

System ten, który zastosowano także w Glasgowie, jest zupełnie podobny do poprzednio opisanego. Różnica polega jedynie na umieszczeniu na nastawniku oddzielnych kontaktów hamowania zwarciovego z przeciwnej strony 0. Układ nastawnika jest następujący:



Przez przeniesienie hamowania zwarciovego na drugą stronę 0 umożliwiało wyłączenie podczas jazdy prądu, przez szybkie przestawienie korby nastawnika na 0. Stosunek granicznych prędkości odzyskiwania wynosi tutaj 4,91:1.

W Manchesterze i w Glasgowie osiągnięte oszczędności wahają się w zależności od rodzaju linii od 12,1% do 26,9%.

4. Silniki szeregowo-bocznikowe, pracujące podczas jazdy jako szeregowy.

Systemy te łączą zalety poprzednio opisanych 3 b, c i d, gdyż przede wszystkim ze względu na możliwość przełączania w szereg i równoległe podczas jazdy moc silników bardzo niewiele się różni od mocy silników przy systemie zwykłym, bez odzyskiwania energii; nie posiadają następnie tych trudności komutacyjnych, które były przy stałym połączeniu równoległym silników (3c); oprócz tego, dzięki zastosowaniu wyłącznie stałego szeregowego połączenia silników przy odzyskiwaniu energii, unika się kłopotliwego przełączania wzbudzenia bocznikowego z układu szeregowego na równoległy. Przy równoległym połączeniu silników uzwojenia bocznikowe wzbudzenia są w tym systemie całkowicie odłączone i silniki pracują jak zwykłe szeregowy.

Ponieważ silniki pracują częściowo jako szeregowy, muszą posiadać liczbę zwojów szeregowych stosunkowo dużą; wzbudzenie szeregowy jest podczas odzyskiwania bardzo silnie zbocznikowane.

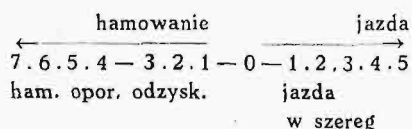
a. Silniki, jako szeregowy podczas całej jazdy.

Przy tym systemie silniki pracują jako szeregowy podczas całej jazdy, a jako szeregowo - bocznikowe przy odzyskiwaniu, istnieje więc konieczność rozdzielania kontaktów odzyskiwania energii od kontaktów jazdy przez przeniesienie ich na drugą stronę nastawnika.

α) System Schwenda.

System ten został oddawna zastosowany w Norymberdze, a pierwsze tak wyposażone wozy zaczęły kursować już w roku 1926.

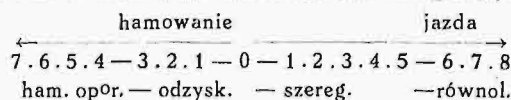
Nastawnik tam stosowany posiada następujący układ kontaktów:



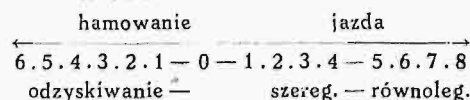
Silniki podczas jazdy posiadają czynne jedynie uzwojenie szeregowy wzbudzenia, uzwojenie bocznikowe jest całkowicie odłączone. Rozruch więc odbywa się zupełnie podobnie, jak przy dawnym systemie silników szeregowych przy stałym połączeniu silników w szereg; na 4-ym kontakcie oporniki rozruchowe zostają wyłączone, zaś na kontakcie 5 wzbudzenie silników zostaje zmniejszone przez odwrotne załączenie uzwojenia bocznikowego. Gdy motorowy chce hamować z odzyskiwaniem, musi cofnąć korbę poprzez 0 na kontakty hamulcowe, gdzie na 1-ym, 2-im i 3-im kontakcie jest odzyskiwana energia przy stałym połączeniu szeregowym silników, zaś na 4-ym, 5-ym, 6-ym i 7-ym silniki połączone są na oporniki i następuje normalne hamowanie zwarciovego. Podczas odzyskiwania silniki pracują jako prądnicze szeregowo - bocznikowe, różnicowe. Układ posiada dwa przekazy, z których jeden załącza podczas odzyskiwania silniki na sieć, gdy napięcie silników stanie się nieco wyższe od napięcia sieci, drugi odłącza sieć, gdy to napięcie wzrośnie zbyt wysoko. Oszczędności, osiągnięte w Norymberdze, wynoszą ok. 30%.

β) System Hamburgski.

Zasadniczy układ nastawnika jest podobny do poprzedniego. Różnica polega jedynie na tym, że podczas jazdy, gdy silniki pracują jako szeregowy, zostają one najpierw połączone w szereg, a następnie równoległe, co zmniejsza wymaganą ich moc. Przy odzyskiwaniu są stale połączone w szereg, przytem wzbudzenia szeregowy są wtedy znacznie osłabione przez bocznikowanie (do 16% swej wartości). Schemat nastawnika w tramwajach Hamburga jest następujący:



Otrzymano tam oszczędność od 15 do 24% energii. W kolei nadziemnej w Hamburgu zastosowano zupełnie podobny układ, różniący się jedynie schematem nastawnika, który jest następujący:



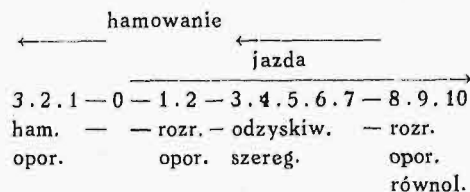
Podczas odzyskiwania wzbudzenie szeregowy jest osłabione do 25% swej normalnej wartości, całkowicie wykorzystanej przy jeździe. Hamowania opornikowego tutaj nie ma, gdyż wozy są zaopatrzone w hamulce pneumatyczne, które zatrzymują całkowicie wóz. Oszczędności osiągnięte wynoszą 23 ÷ 29%.

b. Silniki, jako szeregowy tylko w połączeniu równoległym.

α) System Bacquerisse III.

System ten został opracowany przez Bacquerisse'a po doświadczeniach z dwoma swymi poprzednimi systemami oraz z systemem silników szeregowo - bocznikowym, gdzie silniki łączone są w szereg i równoległe. W stosunku do tego ostatniego systemu (3 do) różnica jest tylko ta, że przy połączeniu równoległym silniki pracują bez uzwojenia bocznikowego, a więc tak, jak silniki szeregowy. Toteż przy tem połączeniu nie jest uskuteczniane odzyskiwanie energii. To pominięcie odzyskiwania energii przy równoległym połączeniu silników nie posiada istotnego znaczenia według doświadczeń paryskich, gdyż poprzednio motorowi nie posługiwali się prawie wcale kontaktami równoległym, które dają za słabe hamowanie wozu. Natomiast to uproszczenie ułatwia całkowicie przełączenie silników z szeregowego połączenia na równoległe.

Schemat nastawnika jest następujący:



Uzwojenie szeregowy wzbudzenia posiada 50 zwojów. Przy rozruchu na kontaktach 1 i 2 połączone są jednokierunkowo pełne wzbudzenia szeregowy i bocznikowe; na kontaktach odzyskiwania wzbudzenie szeregowy jest znacznie osłabione, gdyż wynosi zaledwie 16% swej normalnej wartości; na kontakcie 8 przy połączeniu równoległym jest znowu szeregowo załączony opornik rozruchowy, który na 9 stopniu zostaje wyłączony, wreszcie na ostatnim stopniu jazdy wzbudzenie szeregowy jest osłabione do 80% swej wartości. Przy hamowaniu oporowym silniki pracują ze wzbudzeniem szeregowym i bocznikowym, przy połączeniu równoległym tworników pomiędzy sobą.

Z powyższego dosyć pobieżnego przeglądu najrozmaitszych systemów widać, że możemy, pomijając drobną ilość układów, mało stosowanych, podzielić wszystkie powyżej przytoczone na dwie grupy. Jedną, korzystając z dawniej używanych silników szeregowych, wprowadza jedynie dodatkowe urządzenia do nich, druga zaś stosuje do trakcji silniki szeregowo - bocznikowe. Chciałbym omówić najważniejsze różnice, zachodzące między nimi.

Systemy silników szeregowych (1) pozostawiają przebieg ruchu zupełnie taki sam, jak w układzie bez odzyskiwania energii, polegający na szeregowym włączaniu oporników rozruchowych. Przy silnikach szeregowo - bocznikowych (3 oraz 4b), poza paroma koniecznymi stopniami rozruchu opornikowego, rozruch następuje przez zmianę wzbudzenia silników, nie powodując żadnych strat energii. Dzięki temu ogólna oszczędność energii jest większa w tych samych warunkach ruchu przy zastosowaniu silników szeregowo - bocznikowych, gdyż (patrz rys. 2 i 3) zaoszczędzona być może energia zarówno W_1 jak i W_2 w porównaniu do samej W_3 , oszczędzanej przy silnikach szeregowych. W związku z tym odmienne jest manewrowanie korbą nastawnika w tych dwóch grupach systemów. Przy silnikach szeregowo-bocznikowych w chwili, gdy motorowy chce zwolnić bieg wagonu, cofa korbę o jeden kontakt, lub też, gdy chce otrzymać silniejsze hamowanie — o więcej kontaktów w stronę 0. Przy silnikach szeregowych musi przetrząsnąć korbę nastawnika na położenie 0 i przestawiać ją następnie na położenia hamulcowe. Ta konieczność wyłączenia prądu przed zahamowaniem wozu ma swoją dobrą stronę w tym, że ułatwia motorowemu jazdę pomiędzy przystankami „bez prądu”, co stanowi najbardziej ekonomiczny sposób użytkowania żywej siły wozu do celów trakcji. Jednak przy dużych średnich prędkościach, stosowanych obecnie w tramwajach, czas jazdy bez prądu jest z konieczności bardzo skrócony, przechodzenie zaś korby poza położenie zerowe, powoduje jedynie trudniejszą pracę nastawnika. Przy silnikach szeregowo-bocznikowych niema poza tym trudności z wyłączeniem chwilowym prądu (przy przejeździe pod izolatorami), gdyż przy szybkim przetrząśnięciu korby na 0 ze względu na dużą samoindukcję uzwojeń nie powstanie żaden moment hamujący.

Zastosowanie silników szeregowo - bocznikowych daje w porównaniu do silników szeregowych cały szereg korzyści jezdnych, to znaczy, takich położeń nastawnika, na których jazda nie powoduje strat energii. Ważne to jest w ruchu ulicznym wtedy, gdy posuwanie się wozu jest utrudnione ze względu na przeszkody (np. przemarsz wojsk, manifestacje, pogrzeby i t. p.). Wóz z silnikami szeregowo - bocznikowymi może się posuwać powoli, nie powodując strat energii oraz nie niszczyć nastawnika przez ciągłe przestawianie korby na pierwszy kontakt jazdy i cofanie na 0, co ma miejsce przy silnikach szeregowych.

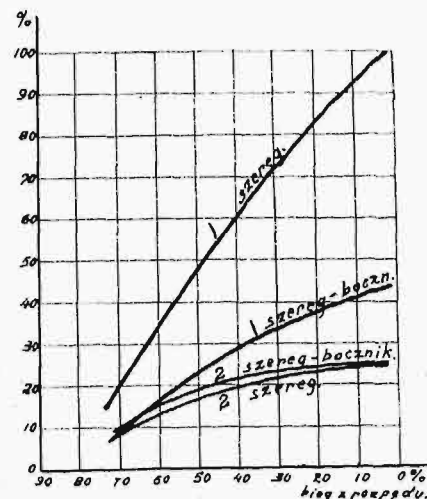
Pozatem przy silnikach szeregowo - bocznikowych nastawnik często jest znacznie prostszy, niż przy silnikach szeregowych, z tego względu, że regulowany jest w nim jedynie prąd wzbudzenia, a nie główny prąd twornika; nadto posiada on mniej kontaktów.

Poza powyższymi te dwie grupy systemów nie wykazują ważniejszych różnic pomiędzy sobą. Silniki szeregowe są stosowane w tych przedsiębiorstwach, które wolały mieć nieco bardziej skomplikowany układ połączeń wozu, czy zainstalować dodatkowe urządzenia, zamiast przerabiać silniki na szeregowo - bocznikowe. Systemy silników szeregowo - bocznikowych posiadają naogół dużo prostsze układy połączeń, lecz ich silniki są zwykle nieco większe, droższe i posiadają gorszą sprawność, niż silniki szeregowe.

Porównyując pomiędzy sobą różne systemy, możemy stwierdzić, że oprócz różnic, które zostały już opisane poprzednio, bardzo ważnym czynnikiem jest kształt krzywych zależności prędkości wozu (v) od prądu hamującego (I) na danym kontakcie nastawnika. Gdy krzywa $v = f(I)$ jest bardziej stroma, gdy zatem przy dużych zmianach prędkości wozu następuje na tym samym kontakcie mała zmiana prądu, a co za tem idzie i mała zmiana momentu hamującego, wtedy otrzymujemy cały szereg korzyści: 1^o do uskutecznienia hamowania pomiędzy dwiema prędkościami potrzebna jest mniejsza liczba kontaktów, 2^o jeżeli przy odzyskiwaniu energii silniki są połączone równolegle, to ogólne obciążenie równiej jest rozłożone na dwa silniki, 3^o mniejsza jest obawa niedozwolonego przeciążenia czy ognia na komutatorze silnika, 4^o układ jest mniej czuły na zmiany napięcia sieci, 5^o ponieważ jest wtedy mniej kontaktów hamowania, prowadzącemu wóz łatwiej jest utrafić na właściwy, dający odpowiednie hamowanie, kontakt; wóz jest więc łatwiejszy do prowadzenia. W układach powyżej opisanych dużą stromość charakterystyki $v = f(I)$ mają układy, stosujące silniki szeregowe, a przy silnikach szeregowo - bocznikowych te, które przy odzyskiwaniu posiadają dużą liczbę amperozwojów szeregowych, dających strumień, odwrotnie skierowany do strumienia bocznikowego. Pod tym względem układy z zastosowaniem silników szeregowo - bocznikowych, gdzie następuje połączenie w szereg i równolegle silników, posiadają wyższość nad systemami stałego połączenia szeregowego.

Niezależnie od stosowanego systemu odzyskiwanie energii daje cały szereg korzyści. Ważniejsze z nich są następujące:

1. Znacznie mniejsze zużycie energii, której oszczędność w stosunku do układu zwykłego bez odzyskiwania waha się w zależności od systemu i warunków od 10% do 40%. Szczególnie ważny jest tutaj fakt, że zużycie energii jest w znacznie mniejszym stopniu zależne od średniej prędkości handlowej, niż ma to miejsce przy dotychczas stosowanym systemie silników szeregowych. Widać to wyraźnie z rys. 2 i 3, gdzie przy większych prędkościach na początku hamowania otrzymujemy znacznie większy procent energii W_1 ; widać to pozatem bardzo wyraźnie z wykresu, przedstawionego na rys. 13, gdzie porównane są zużycia energii oraz prędkości handlowe dla rozmaitych rodzajów przejazdu między przystankami, odległymi o 260 metrów, silnikiem szere-



Rys. 13.

Wpływ zwiększenia prędkości handlowej na zużycie energii w silnikach szeregowych i szeregowo - bocznikowych przy odległości międzyprzystankowej 260 m.
1-procentowy wzrost zużycia energii,
2-procentowy wzrost prędkości handlowej.

gowym i szeregowo - bocznikowym. Znaczenie odzyskiwania energii będzie więc większe w tych przedsiębiorstwach, które mają bardziej wyciągniętą wyższą średnią prędkość handlową. Poza to zmniejszy się znacznie zużycie energii tam, gdzie linie posiadają dużo spadków i wzniesień. Wielkość odzyskanej energii zależna jest w znacznym stopniu od składu pociągu tramwajowego. Będzie ona większa dla samego wozu silnikowego, lub dla wozu tego z przyczepnym, gdy przyczepny nie jest hamowany podczas odzyskiwania energii. W przeciwnym zaś razie, gdy na wozie przyczepnym zainstalowany jest solenoid lub hamulec szynowy, który jest zasilany prądem odzyskiwanym, procent oszczędności będzie znacznie mniejszy.

2. Zużycie energii mniej zależy od sposobu jazdy prowadzącego wóz. Przy zwykłych silnikach bez odzyskiwania różnica w zużyciu energii przez dwóch motorowych, z których jeden jedzie prawidłowo, a drugi nieprawidłowo prowadzi rozruch i niepotrzebnie hamuje, — dochodzi w praktyce do 30%. Przy odzyskiwaniu energii niepotrzebne hamowania wozu zużywać będą znacznie mniej energii z elektrowni, a przy zastosowaniu silników szeregowo - bocznikowych rozmaity sposób rozruchu w małym stopniu zmieni zużycie energii. Przy tych systemach mniej jesteśmy zależni od umiejętności jazdy motorowego, odzyskiwanie więc energii da nam większe oszczędności, im trudniejsze są warunki ruchu wozów na ulicach.

3. Wobec mniejszego zapotrzebowania prądu, a także i krótszej drogi prądu, mamy do czynienia ze znacznie mniejszymi spadkami napięcia w sieci i otrzymujemy z tego powodu wyższe napięcie na odległych od elektrowni odcinkach sieci, a więc i większą prędkość wozów na krańcach miasta. Poza to, w razie powiększenia ruchu tramwajowego, możemy uniknąć doprowadzania nowych przewodów zasilających na odległe odcinki linii.

4. W wielu przedsiębiorstwach w związku z powiększeniem prędkości handlowej wzrosło obciążenie elektrowni lub podstacji i wywołało konieczność powiększenia ich mocy zainstalowanej. Zmniejszenie zużycia energii dzięki odzyskiwaniu czyni często w tym wypadku, oraz w wypadku powiększenia eksploatacji, wogóle zbędnym powiększanie tych mocy.

5. W tych przedsiębiorstwach, w których poprzednio hamowanie odbywało się przy pomocy klocków hamulcowych, stosowanie odzyskiwania energii zmniejszyło zużycie tych klocków, zużycie bandażi oraz sprężonego powietrza, używanego przy hamowaniu pneumatycznym. Jeżeli poprzednio hamowanie odbywało się przy pomocy silników przez zwieranie ich zacisków na oporniki, to oszczędności na zużyciu wyżej wymienionych organów nie można osiągnąć, natomiast oszczędza się na naprawach samych silników. Praca silników przy odzyskiwaniu nie da się porównać z pracą przy hamowaniu zwarciovem, przy którym następuje szarpnięcie silnika, ślizganie się kół wozu oraz bardzo ciężkie warunki komutacji silnika. Napięcie silnika często dochodzi do podwójnego napięcia sieci, a prąd osiąga jednocześnie wartość 160% prądu godzinowego. Przy hamowaniu z odzyskiwaniem energii mamy także do czynienia, podobnie jak przy hamowaniu zwarciovem, z możliwie najlepszym wykorzystaniem przyczepności wozu, co jest jedną z największych korzyści stosowania hamowania elektrycznego.

Jako pewne wady, czy usterki systemów odzyskiwania można przytoczyć:

1. Nieco bardziej skomplikowany układ połączeń. Niezawsze ma to miejsce, gdyż np. w opisanym powyżej systemie „Bacquerisse I” układ jest znacznie prostszy, niż układ zwykły bez odzyskiwania.

2. Gdy napięcie sieci spadnie do zera, hamowanie z odzyskiwaniem energii oczywiście zostaje przerwane. Ponieważ jednak na wozie znajdować się musi ze względów bezpieczeństwa zawsze drugi układ hamowania, który służy także do całkowitego zatrzymania wozu na przystanku, więc motorowy ma możliwość przez użycie tego układu hamować wóz według potrzeby.

W razie, gdyby na odcinku sieci, zasilanej przez podstację, znajdował się tylko jeden wóz, lub gdyby pozostałe wozy w chwili hamowania pierwszego nie pobierały z sieci prądu, może mieć miejsce oddawanie energii na sieć wysokiego napięcia, gdy podstacja jest przetwornicowa lub gdy równolegle do prostowników ręciowych pracuje choć jedna przetwornica. Poza to oddawanie energii może zachodzić przy zastosowaniu na podstacji prostowników z siatkami sterującymi. Wyżej opisany wypadek może mieć miejsce jedynie na dłuższych liniach elektrycznych kolejek dojazdowych; w rozległej sieci tramwajowej taki wypadek praktycznie zdarzyć się nie może.

3. Przy układach z odzyskiwaniem energii zawsze jest wymagana większa moc silnika trakcyjnego. W niektórych systemach powiększenie mocy jest nieznaczne, gdyż jest wywołane tylko przepływem przez silnik prądu odzyskiwanego. Szczególnie mało różni się moc w tych przedsiębiorstwach, które poprzednio stosowały elektryczne hamowanie zwarciove. W niektórych zaś systemach, wymagane powiększenie prądu mocy ciągłej silnika jest znaczne i dochodzi czasem do 150% prądu poprzedniego, uwzględniając nawet poprzednie hamowanie zwarciove silników. Stanowi to poważną trudność przy przeróbce istniejących silników. Ponieważ jednak duża część silników w przedsiębiorstwach nie jest całkowicie wykorzystana, a poza to ponieważ często można powiększyć moc silnika przez zastosowanie przekroju prostokątnego drutu twornika zamiast okrągłego, dalej przez wzmocnienie wentylacji, zmianę izolacji z bawełnianej na mikową, a wreszcie ponieważ jest możliwość zmiany stosunku przekładni, więc istnieje możliwość zastosowania dawnych silników nawet przy tak znacznych powiększeniach mocy.

Starałem się możliwie bezstronnie przedstawić wszystkie znane mi dotychczas systemy odzyskiwania energii w tramwajach, korzyści dla eksploatacji, płynące z ich zastosowania, oraz niektóre trudności, z którymi spotkali się projektodawcy przy opracowaniu swych systemów. Czy przy istniejącym taborze tramwajowym przeprowadzenie koniecznych zmian w celu odzyskiwania energii będzie się opłacać poszczególnym przedsiębiorstwom, tego zgóry zupełnie ściśle przewidzieć nie można, gdyż zależy to od ceny prądu, warunków ruchu, poprzedniego zużycia energii, od obioru systemu odzyskiwania i związanego z tem kosztu instalacji i od wielu innych czynników; jednak na mocy wielu doświadczeń można twierdzić, że dla znacznej większości przedsiębiorstw przeprowadzenie zasady odzyskiwania energii będzie się kalkuluowało, a następnie można z całą stanowczością zapewnić, co zresztą było stwierdzone przez Kongres komunikacji miejscowej w roku 1932, że przy instalowaniu nowych urządzeń wagonowych systemy odzyskiwania energii są najbardziej zalecane.

LITERATURA.

L. B a c q u e r i s s e. Equipement à récupération d'énergie à moteurs compoud de la S. T. C. R. P. Sprawozdania z kongresu U. I. T. Warszawa 1930.

L. B a c q u e r i s s e. Equipement à récupération d'énergie à moteurs compoud. Sprawozdania z zebrania U. I. T. Paryż 1930.

L. Bacquerisse i W. Mattersdorff. Les moteurs de traction et la récupération. Sprawozdania z kongresu U. I. T. Haga 1932.

H. Becker. Stromrückgewinnung bei Strassenbahnen. Verkehrstechnik 1932.

G. Cuccoli. Freinage à récupération. Sprawozdania z kongresu U. I. T. Rzym, 1928.

Guery. Comparaison du couplage série-prallèle et du couplage série-permanent des moteurs compound R. G. E. 1931.

C. Haller. Stromrückgewinnung im Strassenbahnbetriebe. Verkehrstechnik 1932.

Keitel i Schwend. Die Stromrückgewinnungs-Systeme in Chemnitz und Nürnberg, Sprawozdanie zjazdu U. I. T. Paryż 1930.

Lièvre. Equipements à récupération d'énergie pour

tramways. Sprawozdanie z kongresu Unji Kolei Żelaznych i Transportów Samochodowych, Algier 1930.

Otto. Stromrückgewinnung mit Umformer. Verkehrstechnik 1932.

R. Podolski. Silniki szeregowo-bocznikowe w trakcji elektrycznej. Przegląd Elektrotechniczny 1931.

Royval. Equipements à récupération d'énergie pour tramways. R. G. E. 1931.

J. Riedl. Der Nutzbremskoeffizient im Strassenbahnbetrieb. Verkehrstechnik 1931.

C. Strasza. Projekt zastosowania silników szeregowo-bocznikowych w tramwajach warszawskich. Sprawozdanie z ogólnokrajowego Zjazdu Komunikacji miejscowej. Warszawa 1932.

K. Töfflinger. Die Nutzbremmung von Strassen- und Schnellbahnen. E. T. Z. 1932 i 1933.

PORÓWNANIE TRAKCJI ELEKTRYCZNEJ I SILNIKOWEJ.

Inż. Wiktor Przelaskowski.

Streszczenie. Wpływ ogólnego światowego kryzysu na koleje i jego skutki. Powstanie nowych środków lokomocji: wagonów silnikowych i autobusów szynowych; rodzaje napędu tych wozów. Porównanie technicznych walorów trakcji elektrycznej i silnikowej. Ustalenie zakresu porównania kosztów przy różnych rodzajach trakcji. Zależność tych kosztów od gęstości ruchu. Koszty, zależne od rodzaju trakcji; odpisy na amortyzację; oprocentowanie kapitału. Obliczenie kosztów przy trakcji elektrycznej, przy trakcji z silnikami na lekkie paliwo; benzynę, mieszanke i t. d., oraz przy trakcji z silnikami na ciężkie paliwo. Porównanie kosztów przy różnych rodzajach trakcji i wnioski.

Uwagi ogólne.

Przed przystąpieniem do omawiania powyższego zagadnienia uważam za swój miły obowiązek złożyć uprzejme podziękowania tym wszystkim Przedsiębiorstwom Komunikacyjnym, które odpowiedziały na me zapytanie i nadesłały dane eksploatacyjne i statystyczne, dotyczące swych przedsiębiorstw.

Te dane umożliwiły mi obliczenie przeciętnych wartości poszczególnych wielkości, mających wpływ na koszty eksploatacji i dały mi realną podstawę do dokonania porównania trakcji elektrycznej z silnikową.

Kolej, jedna z podstawowych składowych części organizmu gospodarczego, przeżywa pewien kryzys w swym rozwoju, związany niewątpliwie z ogólnym światowym kryzysem gospodarczym. Polega on na trudności, a w wielu wypadkach wprost na niemożności dostosowania kosztów przewozów kolejowych do możliwości płatniczej społeczeństwa w okresie ogólnego zubożenia i do bardzo znacznego zmniejszenia się ilości przewozów. Kryzys kolejowy został jeszcze pogłębiony przez powstanie i bardzo znaczny rozwój nowego środka przewozowego, a mianowicie samochodu.

Kryzys i konkurencję przewozów samochodowych odczuwają zarówno koleje główne znaczenia ogólnego, jak i koleje lokalne, dojazdowe; te ostatnie w znacznie silniejszym stopniu, niż koleje znaczenia ogólnego.

Po pewnym okresie apatii i poszukiwań sposobów ratowania zagrożonej egzystencji koleje poszły po linii zwalczania przeciwnika jego własną bronią.

Ta idea spowodowała zastosowanie na szeroką skalę silnika spalinowego do napędu wagonów kolejowych, dzięki czemu powstały tak zwane wagony silnikowe; w następnym etapie rozwoju ta idea spowodowała próby przystosowania samochodów do ruchu po szynach. W ten sposób powstały autobusy szynowe najprzeróżniejszych typów.

Zagadnienie porównania trakcji elektrycznej i silnikowej jest nadzwyczaj obszerne, tak różnorodne i tak zależne od miejscowych warunków w każdym poszczególnym wypadku, że dokładne przeanalizowanie tematu wymagałoby bardzo obszernego studium.

W ramach niniejszego krótkiego referatu będę mógł dać tylko bardzo schematyczne porównanie tych dwóch rodzajów trakcji, zdając sobie zupełnie dokładnie sprawę z tego, że tematu nie wyczerpię i że w wielu konkretnych wypadkach porównanie, dokonane w pewnych określonych warunkach ruchu, może dać rezultaty odmienne od ustalonych przezemnie.

Obliczenie kosztów trakcji elektrycznej zostało oparte na przeciętnych danych z całego szeregu przedsiębiorstw komunikacyjnych w Polsce, nie dotyczy jednak żadnego poszczególnego przedsiębiorstwa. Koszty trakcji silnikowej zostały oparte na danych z nielicznych eksploatacji w kraju oraz na danych z fachowej literatury zagranicznej.

Jak już zaznaczyłem, wozy silnikowe, kursujące po szynach, można podzielić na dwie grupy, mianowicie: wagony silnikowe o budowie, zbliżonej do wagonów kolejowych, i autobusy szynowe o budowie, zbliżonej do autobusów drogowych. Pod względem napędu każda z powyższych grup może być zasadniczo podzielona na cztery podgrupy w zależności od rodzaju silnika, mianowicie na wozy z silnikami: parowym, benzynowym, ropowym i elektrycznym, czerpiącym energię z baterii akumulatorów. Uważam, że ten ostatni rodzaj trakcji należy zaliczyć raczej do trakcji silnikowej, niż do trakcji elektrycznej, której cechą zasadniczą jest obecność źródła energii nazewną wozu i dopływ jej przez sieć napowietrzną lub przez trzecią szynę.

Ze względu na stosunkowo małe rozpowszechnienie wagonów z silnikami parowymi i z akumulatorami, ograniczę się w dalszych porównaniach tylko do wozów, napędzanych silnikami spalinowymi na paliwo lekkie i ciężkie.

Wagony silnikowe są obecnie stosowane jedynie na kolejach; o zastosowaniu ich w przedsiębiorstwach tram-

wajowych dotychczas nie słyszałem. W swych rozważaniach ograniczę się do porównania trakcji elektrycznej i silnikowej na kolejach dojazdowych znaczenia miejscowego.

Porównanie rodzajów trakcji z punktu widzenia technicznego.

Pod względem walorów technicznych trakcja elektryczna przewyższa, według mego zdania, trakcję silnikową z powodu nadzwyczajnej prostoty konstrukcji silnika elektrycznego, ogromnej jego przeciążalności i prawie nieograniczonego zasobu energii elektrycznej w sieci jezdnej. Ruch kolejowy pociąga za sobą bardzo nierównomierne zapotrzebowanie energii, silnik więc, dostosowany do przeciętnego zapotrzebowania tej energii, musi posiadać zdolność wytrzymywania znacznych przeciążeń i musi posiadać źródło energii o dostatecznie dużej mocy.

Moc silnika spalinowego może być chwilowo powiększona najwyżej o 20% w porównaniu do mocy nominalnej, co pociąga za sobą konieczność znacznego zmniejszenia szybkości na wzniesieniach, albo też wymaga stosowania silników stosunkowo za dużej mocy do ruchu na poziomie.

Szeregowy silnik elektryczny, stosowany w kolejnictwie, posiada zdolność wytrzymywania przeciążeń, ograniczoną jedynie granicą nagrzewania się silnika oraz iskrzeniem szczotek; wskutek tego można chwilowo przeciążyć ten silnik do 200% mocy godzinnej.

Dzięki powyższym właściwościom silnika elektrycznego przyspieszenie rozruchu wagonu, napędzanego tym silnikiem, jest większe, niż wagonu z silnikiem spalinowym, co daje możliwość osiągania z silnikami elektrycznymi przeciętnych szybkości pomiędzy stacjami większych, niż z silnikami spalinowymi przy jednakowej największej szybkości w obu wypadkach.

Prostota konstrukcji silnika elektrycznego pociąga za sobą niskie koszty jego utrzymania i znaczną pewność ruchu. Wstrząsy wagonów są mniejsze przy silnikach elektrycznych, niż przy spalinowych, dzięki czemu spokój podróży jest większy.

Silniki elektryczne są bardziej długotrwałe, niż spalinowe, odpisy więc na ich amortyzację są odpowiednio mniejsze.

Pozatem silnik elektryczny daje możliwość odzyskiwania energii, czego nie może być przy silniku spalinowym; oszczędność, spowodowana odzyskiwaniem energii, dochodzi w tramwajach do 30% zużytej energii.

Właściwości silnika elektrycznego dają pozatem możliwość łączenia kilku jednostek w jeden pociąg, sterowany z jednego miejsca, co ma szczególnie ważne znaczenie przy masowym przewożeniu osób w okresach ich największego napływu.

Przy wyborze tego lub innego rodzaju trakcji należy również brać pod uwagę naturalne bogactwa danego kraju; do wytwarzania paliwa dla silników spalinowych jest potrzebna ropa, a do wytwarzania energii elektrycznej — węgiel lub spadki wodne. W Polsce posiadamy i ropę i węgiel, oba więc rodzaje trakcji są u nas niejako równorzędne.

Co się tyczy pożarowego bezpieczeństwa ruchu, za najbezpieczniejszy rodzaj trakcji uważam elektryczną, następnie silnikową dyzelską i w końcu silnikową benzynową.

Ten ostatni rodzaj trakcji jest stosunkowo najmniej bezpieczny, gdyż w razie wypadku: zderzenia, wykoślenia i t. p. benzyna lub mieszanka może się zapalić łatwo, powodując groźny pożar.

W pierwszych miesiącach r. b. we Włoszech na linii kolejowej Rzym — Liworno około stacji Asca wagon silni-

kowy „Littorina” z silnikiem benzynowym, który był demonstrowany u nas w kraju, przejechał wskutek przeoczenia motorniczego zamknięty sygnał i najechał na pociąg osobowy. Wskutek zderzenia nastąpiło rozbicie zbiorników z paliwem, które się natychmiast zapaliło, wagon stanął momentalnie w płomieniach i spłonął wraz z 15 pasażerami i całą obsługą.

Porównanie kosztów trakcji elektrycznej i silnikowej.

Przechodząc do gospodarczej strony zagadnienia, zaznaczam raz jeszcze, że dokładne porównanie kosztów obu rodzajów trakcji jest nadzwyczaj trudne ze względu na zmienność cen materiałów, różnorodność typów wozów i różnice warunków miejscowych; przytoczone porównanie należy więc traktować, jako zupełnie przybliżone.

Ponieważ trakcja elektryczna wymaga sieci jezdnej i podstacy, których koszt jest stosunkowo duży, i prawie nie zależy od natężenia ruchu, wydaje się jasne, że ten rodzaj trakcji może się opłacać jedynie przy ruchu gęstym, natomiast przy rzadkim ruchu może okazać się tańszą trakcja silnikowa.

Przy porównywaniu kosztów obu rodzajów trakcji biorę pod uwagę jedynie koszty zależne od trakcji, a mianowicie: 1) koszt energii elektrycznej wraz z kosztami obsługi podstacy, względnie koszt paliwa i smarów przy silnikach spalinowych; 2) koszt utrzymania sieci jezdnej; 3) koszt utrzymania taboru; 4) odpisy amortyzacyjne powyższych urządzeń; 5) oprocentowanie wyłożonego kapitału.

Dla umożliwienia porównania obliczę koszty przy różnych rodzajach trakcji dla wagonów o jednakowej wadze i pojemności, zakładając pozatem, że na linii będą kursować tylko wagony motorowe bez doczepek. Gdybyśmy porównywali wagony o różnej wadze i pojemności, należałoby obliczać koszty na 1 tkm i na 1 miejsce-km.

Trakcja elektryczna.

Waga wagonów silnikowych nowszej konstrukcji w tramwajach i na elektrycznych kolejach dojazdowych w Polsce waha się od 400 do 640 kg na 1 miejsce do siedzenia. Do obliczenia przyjmuję 500 kg; przy 40 miejscach do siedzenia waga wagonu wyniesie 20 t. Zużycie energii w różnych przedsiębiorstwach waha się od 60 do 100 wh/tkm, licząc wraz ze stratami przesyłania i przetwarzania.

Zużycie energii elektrycznej, przy jednakowej szybkości ruchu i przy jednakowych wagonach, zależy od rodzaju szyn i ich stanu oraz od gęstości przystanków. Wydaje się, że to zużycie powinno być znacznie większe w tramwajach, niż na kolejach dojazdowych, gdyż opór trakcji przy ruchu po szynach rowkowych jest znacznie większy, niż przy ruchu po szynach Vignol'a, a potem odległości międzyprzystankowe w tramwajach są znacznie mniejsze, niż na kolejach dojazdowych.

Ze względu jednak na znacznie większą szybkość, jaką rozwijają te koleje w porównaniu do tramwajów, jednostkowe zużycie energii na tych kolejach nie różni się w rzeczywistości tak znacznie od zużycia w tramwajach.

Opierając się na danych statystycznych z całego szeregu przedsiębiorstw, przyjmuję do dalszych obliczeń jako przeciętne zużycie po stronie prądu zmiennego wysokiego napięcia 75 Wh/tkm, czyli 1,5 kWh/wag.km. Przy cenie energii elektrycznej 10 gr./kWh, koszt trakcji wyniesie 15 gr./wag.km; ze względu na dodatkowe koszty obsługi podstacy przyjąłem 17 gr./wag.km rachunkowy.

Koszty utrzymania sieci jezdnej zależą od jej budowy, od gęstości ruchu, od stanu torów i od całego szeregu in-

nych okoliczności. Z danych eksploatacyjnych 7-miu większych przedsiębiorstw komunikacyjnych w Polsce wynika, że te koszty wahają się od 500 zł. do 2 350 zł. na 1 km rocznie; przyjmując przeciętną cyfrę 1 300 złotych rocznie. Koszty na 1 wag.km są zależne od gęstości ruchu. Przy ruchu w ciągu 20 godzin na dobę i przy gęstości ruchu co 1 godzinę przebieg w obie strony wyniesie na 1 km trasy ok. 15 000 wag.km rocznie przy ruchu pojedynczym wozem, a koszty utrzymania sieci wyniosą ok. 9 groszy na 1 wag.km, przy ruchu co pół godziny te koszty wyniosą 4,5 grosza; przy ruchu co 15 minut — ok. 2,2 grosza, a przy ruchu co 7,5 minut — 1,1 grosza na 1 wag.km.

Koszty utrzymania taboru, napędzanego silnikami elektrycznymi, wahają się stosownie do danych eksploatacyjnych całego szeregu przedsiębiorstw za 1932 r. i 1933 r. w granicach od 9,5 grosza do 25,3 grosza na 1 wag.km rachunkowy w zależności od typu wagonów, od ilości lat ich użytkowania oraz od miejscowych warunków ruchu. Przeciętny koszt utrzymania wynosi ok. 15 groszy; tę cyfrę przyjmuję do dalszych obliczeń.

Z powyższych danych wynika, że koszty eksploatacyjne, zależne od rodzaju trakcji, są przy elektrycznej trakcji następujące:

Gęstość ruchu co.	Koszty, zależne od rodzaju trakcji, w groszach, za 1 wag.km rachunkowy			
	60'	30'	15'	7,5'
Koszty eksploatacji				
Trakcja	17,0	17,0	17,0	17,0
Utrzymanie sieci jezdnej . .	9,0	4,5	2,2	1,1
" taboru	15,0	15,0	15,0	15,0
Razem	41,0	36,5	34,2	33,1

Jak widzimy, koszty, zależne od rodzaju trakcji, wahają się w danym wypadku od 41—33,1 grosza/wag.km rach. w zależności od gęstości ruchu, która ze swej strony zależy od ilości pasażerów, zgłaszających się w jednostkę czasu.

Przy porównywaniu kosztów, zależnych od rodzaju trakcji, nie można pominąć odpisów na amortyzację poszczególnych urządzeń, a więc podstacji, sieci i taboru. Koszt podstacji jest bardzo różny, zależy bowiem od typu i mocy maszyn, od napięcia oraz od tego, czy podstacja jest automatyczna czy nie. Do obliczenia przyjmuję koszt przeciętnej podstacji prostowniczej nie automatycznej o mocy zespołów prostowniczych 2×450 kW. Ogólny koszt podstacji szacuję na 160 000 zł. i zakładam, że podstacja zasila odcinek linii kolejowej długości 10 km. Odpisy amortyzacyjne wynoszą 10 000 zł. rocznie, czyli 1000 zł. rocznie na 1 km linii stosownie do obliczenia następującego:

Wyszczególnienie	Wartość	Trwałość	Odpisy	
			%	zł.
1) teren	2 550 zł.	—	0	0
2) budynek murowany .	25 000 „	60 lat	1,7	425
3) prostowniki	72 000 „	10 „	10	7 250
4) transformatory . . .	40 000 „	30 „	3,3	1 320
5) urządzenia rozdzielcze, materiały łączeniowe	20 000 „	20 „	5	1 000
Razem	160 000 zł.		ok.	10 000

Przy ruchu co 60' i przebiegu ok. 15 000 wag.km na 1 km linii rocznie, odpisy wyniosą około 6,6 gr., przy ruchu co 30' — 3,3 gr., przy ruchu co 15' — 1,7 gr. i przy ruchu co 7,5' — 0,9 gr./wag.km.

Wielkość odpisów amortyzacyjnych sieci jezdnej zależy w dużym stopniu od tego, czy słupy są żelazne, czy drewniane. Trwałość żelaznych słupów przy należytej konserwacji jest prawie nieograniczona; przyjęta wielkość odpisów wynosi 1%; dla słupów drewnianych, przesycanych, można przyjąć trwałość 12 lat i odpisy 8,3%. Trwałość przewodu jezdnej w tramwajach wynosi od 10 do 20 lat, a na kolejach podmiejskich od 20 do 30 lat; można przyjąć przeciętnie 20 lat i 5% odpisów na amortyzację. Trwałość materiałów izolacyjnych i pozostałego osprzętu sieci wynosi 20 lat; koszty montażu należy amortyzować również w ciągu 20 lat, gdyż przy wymianie przewodu jezdnej i osprzętu sieci należy opłacić robociznę po raz drugi. Koszt jednego kilometra i jednotorowej sieci jezdnej o zawieszeniu łańcuchowym na drewnianych słupach wynosi około 15 000 zł., a na żelaznych słupach — około 25 000 zł.

Według obliczeń dr. R. Haas'a, podanych w książce „Die Rückstellungen bei Elektrizitätswerken und Strassenbahnen”, przeciętne odpisy amortyzacyjne dla sieci na drewnianych słupach wynoszą 5%, czyli 750 zł. rocznie w danym wypadku, a dla sieci na żelaznych słupach — 2,1%, czyli 525 zł.; do dalszych obliczeń przyjmuję sumę 750 zł. rocznie.

Przy ruchu co 60' otrzymujemy roczny przebieg około 15 000 wag.km na 1 km linii, odpisy więc na amortyzację sieci wyniosą $\frac{750 \times 100}{15 000} = 5$ groszy na 1 wag.km, a przy ruchu gęstszym odpowiednio mniej.

Wielkość odpisów na amortyzację wagonów zależy od ich rocznego przebiegu, oraz od tego, czy są używane na liniach miejskich, czy też na pozamiejskich; w tym ostatnim wypadku odpisy są nieco mniejsze. Przy rocznym przebiegu 50 000 km można przyjąć 5% odpisy. Wartość wagonu motorowego kolei podmiejskiej przy trakcji elektrycznej z sieci jest bardzo różna, zależy od typu i wagi wagonu, od ilości silników, od największej szybkości i t. d. Do dalszych obliczeń przyjmuję przeciętną cenę wagonu w wysokości 120 000 zł.; przy 5% stopie odpisy wyniosą 6 000 zł. rocznie, lub też 12 groszy na 1 wag.km przy podanym wyżej przebiegu.

Odpisy na amortyzację możemy zestawzić w następującej tablicy:

Gęstość ruchu co.	Wydatki, zależne od rodzaju trakcji w groszach na 1 wag.km rachunkowy			
	60'	30'	15'	7,5'
Odpisy na amortyzację				
Podstacje	6,6	3,3	1,7	0,9
Sieć jezdna	5,0	2,5	1,2	0,6
Tabor	12,0	12,0	12,0	12,0
Razem	23,6	17,8	14,9	13,5

Wielkość odpisów waha się od 23,6 grosza do 13,5 grosza na 1 wag.km rachunkowy. Przy czterokrotnym zwiększeniu gęstości ruchu, te koszty zmniejszą się prawie dwukrotnie.

Oprócz odpisów na amortyzację należy, według mego zdania, uwzględnić oprocentowanie kapitału, wydatkowanego na nabycie poszczególnych urządzeń. Przyjmuję oprocentowanie w wysokości 6% rocznie.

Koszt podstacji na 1 km trasy wynosi $\frac{160 000 \text{ zł.}}{10} = 16 000 \text{ zł.}$, a roczne odpisy na oprocentowanie kapitału — 960 zł. Oprocentowanie kapitału, wydatkowanego na 1 km sieci jezdnej, wyniesie $0,06 \times 15 000 = 900 \text{ zł.}$ rocznie.

Uwzględniając wielkość rocznych przebiegów przy różnej gęstości ruchu, otrzymamy odpowiednie koszty na 1 wag.km rachunkowy; dla podstacji od 6,4 gr. do 0,8 gr., a dla sieci od 6 gr. do 0,75 gr. — 0,8 gr.

Oprocentowanie kapitału, wydatkowanego na nabycie wagonów, przy cenie 120 000 zł. za wagon i przy rocznym przebiegu 50 000 km wyniesie 14,4 gr./wag.km rachunkowy. Koszty oprocentowania kapitału możemy zestawzić w następującej tabeli:

Gęstość ruchu co.	Koszty w groszach na 1 wag.km rachunkowy			
	60'	30'	15'	7,5'
Opodatkowanie kapitału, wydatkowanego na:				
Podstacje	6,4	3,2	1,6	0,8
Sieć jezdna	6,0	3,0	1,5	0,8
Tabor	14,4	14,4	14,4	14,4
Razem	26,8	20,6	17,5	16,0
Łączne koszty przy trakcji elektrycznej z sieci jezdnej wynoszą:				
Wydatki eksploat.	41,0	36,5	34,2	33,1
Odpisy na amortyz.	23,6	17,8	14,9	13,5
Oprocent. kapitału	26,8	20,6	17,5	16,0
Ogółem	91,4	74,9	66,7	62,6

Przy ruchu co 1 godzinę powyższe koszty są prawie o 50% większe, niż przy ruchu co 7,5 minut.

Trakcja silnikowa.

Co się tyczy trakcji silnikowej przy pomocy wagonów, napędzanych silnikami spalinowymi, bardzo trudno dać mniej więcej dokładne cyfry kosztów ich eksploatacji z tego względu, że istnieje ogromna różnorodność typów tych wozów, a poza tym brak jeszcze dostatecznie długiego okresu czasu ich eksploatacji, który dałby możliwość ustalenia dokładnych kosztów napraw i utrzymania.

Do porównania weźmiemy dwa typy wozów, napędzanych silnikami na paliwo lekkie i ciężkie.

Dla umożliwienia porównania przyjmijmy wozy silnikowe o podobnej wadze i pojemności, jak wozy z napędem elektrycznym. Koszty eksploatacji obejmują koszt paliwa, smarów i utrzymania. Odpisy na amortyzację dotyczą jedynie samego wozu, jak również i koszty oprocentowania kapitału, wydatkowanego na nabycie tego wozu.

Wozy z silnikami benzynowymi.

Wielkość zużycia paliwa ustalamy na podstawie danych istniejących przedsiębiorstw.

Na linii Kraków—Kocmyrzów zużycie paliwa przy wagonie o wadze 17,3 t wynosi 35,6 kg/100 km; na linii Kraków — Wieliczka wagon o wadze 32,65 t zużywa 43,2 kg/100 km. Belgijskie Koleje Państwowe podają przeciętne zużycie paliwa w wysokości 36,4 kg/100 km. Na Norweskich Kolejach Państwowych zużycie paliwa przy wadze wagonów od 16,6 t do 24,8 t wynosi przeciętnie 38 kg/100 km.

Dla wozu o wadze 20 t przyjmijmy zużycie paliwa w wysokości 50 l/100 km względnie 37,5 kg/100 km/c. g. benzyny lekkiej wynosi 0,72—0,73, a benzyny ciężkiej 0,78—0,79; przeciętnie 0,75). Zużycie oliwy do silnika przyjmijmy w wysokości 2,5 kg/100 km.

Koszty utrzymania i napraw lekkiego wagonu, kursującego na linii Kraków—Kocmyrzów, wynoszą około 15 gr./km, a ciężkiego wagonu, kursującego na linii Kraków—

Wieliczka od 30 gr./km. Koszty utrzymania ciężkich wagonów, eksploatowanych przez szereg linii kolejowych w Ameryce, a mianowicie: Baltimore and Ohio, Boston and Maine, Cheasepeake and Ohio, Great Northern, Northern Pacific i t. d. wahają się w granicach od 44 do 89 gr./km. ponieważ cena robocizny w Ameryce jest kilkakrotnie wyższa, niż w Polsce, powyższe koszty odpowiadają naszym kosztom 15—30 gr./km.

Do dalszych obliczeń przyjmijmy z pewnym zapasem koszt utrzymania i napraw wagonu z silnikiem benzynowym w wysokości 20 gr./km.

Koszty eksploatacji, zależne od rodzaju trakcji, wyniosą przy tych założeniach:

- 1) paliwo — 0,375 kg po 78 gr./kg 29,3 gr./1 wag.km
- 2) smary 0,025 kg po 200 gr./kg 5,0 " "
- 3) utrzymanie wagonu 20,0 " "

Razem 54,3 gr./1 wag.km

Koszt wagonu silnikowego o wadze 32,65 t, kursującego na linii Kraków—Wieliczka, wynosi około 240 000 zł.; koszt wagonu o wadze 17,3 t, kursującego na linii Kraków—Kocmyrzów, wynosi ok. 140 000 zł. Opierając się na powyższych danych, możemy ustalić koszt wagonu o wadze 20 t na 160 000 zł., przyjmując koszt samego silnika w wysokości 50 000 zł., a koszt wagonu — 110 000 zł.

Odpisy na amortyzację silnika przyjmujemy w wysokości 20%, a samego wagonu — 5%. Przy tych założeniach i przy rocznym przebiegu 50 000 km otrzymamy następujące odpisy na 1 wag.km:

- 1) silnik 20 gr./wag.km
- 2) wagon 11 " "

Razem 31 gr./wag.km

Oprocentowanie kapitału, wydatkowanego na nabycie wagonu, wyniesie przy 6% stopie 9 600 zł. rocznie, względnie 19,2 gr./wag.km.

Suma kosztów eksploatacji, zależnych od rodzaju trakcji, odpisów na amortyzację i oprocentowania kapitału wyniesie 104,5 gr./wag.km rachunkowy, czyli więcej, niż przy trakcji elektrycznej.

Wagony z silnikami dyzłowskimi.

Co się tyczy wagonów z silnikami dyzłowskimi, ilość ich zwiększa się bardzo znacznie w ostatnich czasach, idąc ich parze z postępami i ulepszeniami w budowie trakcyjnych silników dyzłowskich. Te wagony są stosunkowo niedługo w eksploatacji, brak więc dokładnych danych co do kosztów ich utrzymania i co do ich długotrwałości.

Próby wagonu wyromu firmy „Eva-Maybach” o wadze 40,5 t i pojemności 80 miejsc do siedzenia i 20 do stania z silnikiem mocy 150 KM przy 1300 obr./min, wykonane w 1928 roku przez Okręgową Dyрекcję Kolei Państwowych w Krakowie, a następnie próby tegoż wagonu w Belgii, dały następujące wielkości zużycia paliwa przy ruchu bez doczeki:

- 1) na linii Kraków—Wieliczka 0,386—0,447 kg/km
- 2) „ Kraków—Katowice 0,480—0,495 "
- 3) „ Kraków—Zakopane 0,490—0,634 "
- 4) „ Kraków—Tarnów — —0,580 "

5) na linjach: Malines—Louvain, Pepinster — Spa, Bruksela—Tervueren, Walcourt — Florenne, przeciętnie 0,450 "

*) Dane, dotyczące wagonów silnikowych Okręgowej Dyrekcji Kolei Państwowych w Krakowie, zostały zaczerpnięte z referatu p. inż. Norberta Kukuka na V Zjazd Techniczny Inżynierów Wydziałów Mechanicznych, odbyty w Poznaniu w 1929 r.

6) zużycie paliwa przez dyzłowski silnik Ganz'a mocy 100/110 KM przy 1000 obr./min. wynosi wg. danych firmy 0,250 „

7) zużycie paliwa przez silnik Diesel-Deutz, wyrobu fabr. Humboldt-Deutz-motoren A. G., mocy 80 KM przy 1200 obr./min. wynosi wg. danych firmy 0,210 „

8) zużycie paliwa przez wagony Holenderskich kolei o wadze 18,5 t i pojemności 43 miejsca do siedzenia, napędzane silnikami dyzłowsk. mocy 70 KM, wynosi przeciętnie 0,275 „

Opierając się na powyższych danych, przyjmuję dla omawianego wagonu wagi 20 t zużycie paliwa w wysokości 0,3 kg./km.

Koszt smarów u silników na paliwo lekkie wynosi 15—20% kosztów paliwa; koszt smarów u silników dyzłowskich jest większy i wynosi około 30—35% kosztu paliwa.

Koszty utrzymania silników dyzłowskich są również większe, niż koszty utrzymania silników benzynowych; szacuję je w przybliżeniu na 25 gr./km.

Przy tych założeniach koszty eksploatacyjne, zależne od rodzaju trakcji, wyniosą:

1) paliwo — 0,3 kg po 28 gr./kg	8,4 gr./km
2) smary 35% paliwa	2,9 „
3) utrzymanie wagonu	25,0 „
Razem	36,3 gr./km

Koszt nabycia wagonu z silnikiem dyzłowskim jest wyższy, niż wagonu z silnikiem benzynowym; koszt wagonu wagi 20 t. z silnikiem mocy 80—90 KM szacuję na 180 000 zł., ta suma nie jest wygórowana, gdyż koszt ciężkiego wagonu Eva-Maybach wagi 40,5 t wynosi około 300 000 zł. Koszt silnika szacuję na 70 000 zł., a koszt samego wagonu na 110 000 zł.

Przy obliczaniu odpisów na amortyzację należy liczyć się z większą długowiecznością silnika dyzłowskiego, niż silnika benzynowego; ponieważ przy tym ostatnim silniku przyjmuję odpisy na amortyzację w wysokości 20%, dla silnika dyzłowskiego przyjmuję 15%; odpisy dla wagonu pozostają bez zmiany i wynoszą 5%.

Odpisy na amortyzację wyniosą przy tych założeniach i przy rocznym przebiegu 50 000 km:

1) silnik	21 gr./km
2) wagon	11 „
Razem	32 gr./km

Oprocentowanie kapitału przy stopie 6% rocznie wyniesie 21,6 gr./km.

Łączne koszty eksploatacji, amortyzacji i oprocentowania kapitału wynoszą 89,9 gr./km, czyli nieco mniejsze od kosztów przy trakcji elektrycznej i przy ruchu co 1 godzinę; przy gęstszym ruchu trakcją elektryczną jest bardziej ekonomiczna.

W swych obliczeniach nie brałem pod uwagę różnych specjalnych typów wozów silnikowych, jak naprzy-

kład dyzłowskiego wozu „Pauline”, kursującego we Francji na liniach Towarzystwa Kolei Południowych.

Waga tego wozu wynosi zaledwie 6,5 t, pojemność — 61 miejsc do siedzenia, moc silnika — 70 KM, zużycie paliwa — 16 l/100 km, czyli 13,9 kg/100 km; dzięki tak niebywale małemu zużyciu paliwa koszt napędu jest bardzo nieznaczny. Należy jednak przypuszczać, że koszt amortyzacji wagonu, wykonanego z lekkich metali, oraz koszt oprocentowania kapitału muszą być stosunkowo znaczne. Brak danych z dłuższego okresu eksploatacji tego wagonu uniemożliwia danie konkretnej odpowiedzi na pytanie, czy będzie on bardziej ekonomiczny od innych cięższych wozów, czy też nie. Te same uwagi dotyczą dyzłowskiego wozu szynowego A.E.G., wykonanego ostatnio w Anglii; przy konstruowaniu tego wozu zwrócono specjalną uwagę na niską cenę, na małą wagę na 1 pasażera i na stawianie jaknajmniejszego oporu w powietrzu. Waga tego wozu wynosi 19—20 t, pojemność — 78 miejsc do siedzenia, napęd — dyzłowski silnik A. E. C. mocy 1930 KM.

Porównanie trzech rodzajów trakcji: elektrycznej, benzynowej i dyzłowskiej daje następujące wyniki:

Rodzaj trakcji	Wydatki w groszach (wag. km rach.:)		
	elektryczna	benzynowa	dyzłowska
Koszty eksploatacyjne.	33,1 — 41,0	54,3	36,3
Amortyzacja. . . .	13,5 — 23,6	31,0	32,0
Oprocentowanie. . .	16,0 — 26,8	19,2	21,6
Razem	62,6 — 91,4	104,5	89,9

Jak widzimy, trakcja silnikowa jest mniej ekonomiczną, niż trakcja elektryczna, przy gęstościach ruchu, spotykanych na kolejach dojazdowych. Przyczyną tego są mniejsze koszty utrzymania silników elektrycznych, niż silników spalinowych, oraz znacznie większe odpisy na amortyzację tych ostatnich silników; natomiast koszt samego napędu wagonów z silnikami dyzłowskimi jest w wielu wypadkach niższy od kosztów napędu przy trakcji elektrycznej.

Reasumując wszystko wyżej powiedziane, dochodzę do wniosków następujących:

1) pod względem technicznych walorów trakcja elektryczna przewyższa w wielu wypadkach trakcję silnikową;

2) na kolejach dojazdowych o ruchu gęstym trakcja elektryczna wydaje się bardziej ekonomiczną, niż trakcja silnikowa;

3) przy ruchu rzadkim, powyżej 1 godziny, trakcja silnikowa staje się ekonomiczniejszą od elektrycznej, a tembardziej od parowozowej, nadaje się więc ona do długich linii o słabym ruchu;

4) dla dania zupełnie pewnej odpowiedzi, jaki rodzaj trakcji jest w danych warunkach ekonomiczniejszy, potrzebne są dłuższe obserwacje i dane eksploatacyjne z ruchu wozów silnikowych w ciągu większego okresu czasu.

UTRZYMANIE SIECI JEZDNEJ.

Inż. E. Napierański.

Streszczenie. Autor omawia utrzymanie sieci jezdnej wg. systemu Tramwajów Warszawskich. Podane są wytyczne, dotyczące: instrukcji dla pracowników Wydziału Sieci, ilości pracowników i organizacji pogotowia sieci. Najwięcej miejsca zajęła sprawa przewodu jezdnej, jego zdarcie, wymiana lub naprawa. Wspomniano o pomiarach izolacji sieci, luzowaniu i naprężaniu. Przy omawianiu konserwacji słupów żelaznych specjalną uwagę skierowano na sposób malowania natryskiem. Podane są okresy rewizji słupów drewnianych oraz zarys przepisów bezpieczeństwa dla pracowników.

Ze względu na brak danych statystycznych co do polskich tramwajów elektrycznych, temat niniejszy został opracowany wyłącznie na podstawie wieloletniej praktyki w utrzymaniu sieci jezdnej w Tramwajach Warszawskich, t. j. sieci dostosowanej do ślizgacza pałkowego.

Każde przedsiębiorstwo, chcąc prawidłowo zorganizować dział sieci górnej, winno przede wszystkim opracować instrukcje, dotyczące utrzymania sieci jezdnej. W instrukcji takiej winny być podane okresy: 1 — rewizji przewodu jezdnej, osprzętu sieci i drutów poprzecznych, 2 — pomiarów izolacji sieci, 3 — rewizji słupów i rozet, 4 — podciągania i luzowania przewodu jezdnej oraz przepisy bezpieczeństwa dla pracowników sieci i t. d. Instrukcję tę musi znać każdy pracownik sieci.

Ilość pracowników zależy od długości sieci jezdnej i wzrasta nieproporcjonalnie do długości. Zależność ta podana jest na tablicy Nr. 1.

Tablica 1.

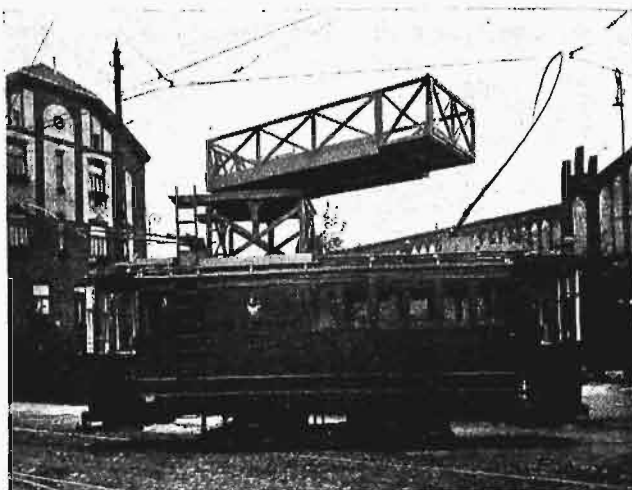
Długość sieci pojedynczej w km	Ilość pracowników do utrzymania sieci górnej	Ilość wozów montaż.	Ilość podmajstrzych	Ilość miejsc pogotowia
200	44	6	5	3
150	33	5	5	2
100	22	3	4	2
50	12	2	4	1
25	8	2	3	Pogotowie może być na sieci
10	8	2	3	

Drużyny pracowników należy zaopatrzyć przede wszystkim w wóz montażowy (konny, samochodowy lub wagon) z podnoszoną platformą - wieżą. W wozie takim powinny znajdować się następujące narzędzia:

Bloczki z linką 10 mm	1 szt.	Skrętaki do drutu	
" " " 8 mm	1 "	profilowego	2 "
Pasy ochronne z torbą	1 "	Skrętaki do drutu	
Łańcuchy z 2 kółkami	1 "	okrągłego	2 "
Zaciski z 2 hakami	5 "	Nożyce do cięcia drutu	1 "
" z 1 hakiem	5 "		1 "
Ściągła kompletne (trawersy)	1 para	Łomy	1 "
Młotki stalowe 1 kg	1 szt.	Cęgi płaskie 250 mm	1 "
" drewniane	1 "	" do rur	1 "
Klucze różne	17 "	Przecinacze 200 mm	1 "
Skrętaki do wieszaków	1 "	Dobijaki do końcówek	1 "

Przebijaki	1 "	Oliwiarki	1 "
Kątniki do odciągania		Piłki do drzewa	1 "
końcówek	1 "	Szczotki druciane do	
Pilniki różne do żel.	3 "	podwozi	1 "
" do drzewa	1 "	Miotły	1 "
Śrubokręty	3 "	Łopaty	1 "

Bardzo wygodny w eksploatacji jest wagon montażowy, pokazany na rys. 1. Pomieszczenie na tabor oraz warsztat dla pracowników sieci najlepiej wybierać przy zajezdni wagonowej. Warsztat powinien posiadać niezbędne choć najprostsze obrabiarki, ułatwiające pracę personelowi sieci, dyżurującemu w tym pomieszczeniu, a mianowicie: 1 kowadło, 1 kuźnia polowa, 3 imadła, 1 toczak i 1 wiertarka do 20 mm.



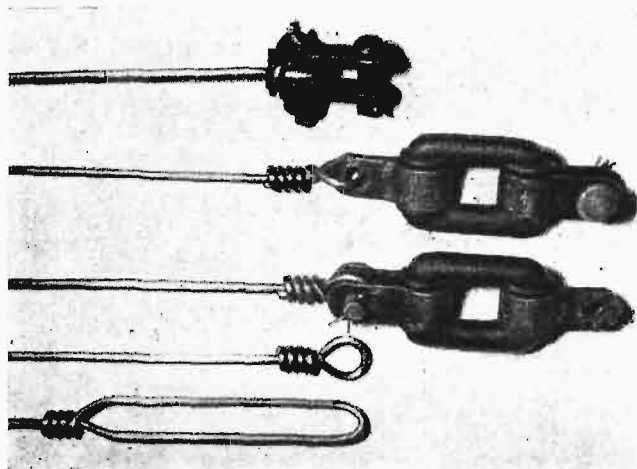
Rys. 1.

Wagon montażowy z podnoszonym i obracającym balkonem.

Pracownicy, dyżurujący przy wozie montażowym, stanowią t. zw. „pogotowie sieci”. Skład pogotowia jest następujący: kierownik (ślusarz), pomocnik i woźnica lub kierowca. Nie należy traktować wagonu montażowego jako wozu pogotowia, a to ze względu na trudności dojazdu do miejsca wypadku. Konieczne jest, ażeby pogotowie sieci miało pewne połączenie telefoniczne oraz dobrą sygnalizację alarmową, dla szybkiego wezwania funkcjonariuszów pogotowia. Czas od alarmu do wyjazdu przy wozach montażowych samochodowych nie powinien trwać dłużej, niż 5 minut, przy wozach konnych — 8 minut, lecz tylko wtedy, gdy konie, będące w pogotowiu, stoją w uprzęży. Przy eksploatacji sieci dłuższej, niż 25 km, lub sieci krótszej, lecz wybiegającej poza miasto, wóz pogotowia powinien stać w zajezdni, a drużyna pogotowia — w warsztacie; przy sieci krótszej, niż 25 km, i nie wybiegającej poza miasto można używać wozu i pracowników pogotowia do normalnej pracy przy sieci na mieście, lecz w pobliżu miejsca, z którego możnaby było szybko wezwać ich do wypadku.

Oprócz drużyn pogotowia, jak widać z tablicy Nr. 1, powinien być zorganizowany zespół pracowników, którym powierza się utrzymanie sieci górnej, t. j. przeprowadzanie rewizji i napraw.

Rewizja drutów poprzecznych i odciągowych na całej ich długości powinna odbywać się w okresach 5-letnich. Niezależnie od tego łącznie z rewizją przewodu jezdnego, sprawdzający sieć tada również pobieżnie druty poprzeczne. W celu zabezpieczenia od rdzy, druty poprzeczne i o-



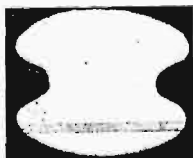
Rys. 2.

Różne sposoby zakańczania drutów poprzecznych.

ciągowe galwanicznie pokryte są warstwą cynku; cynk ten z czasem schodzi z powierzchni i wówczas drut rdzewieje. W takich wypadkach Tramwaje Warszawskie próbowały zabezpieczyć druty w sposób czworaki: 1) smo-



Rys. 3.



Rys. 4.

Zdarcie przewodu jezdnego.



Rys. 5.



Rys. 6.

lując, 2) smarując tłuszczem, 3) minując i 4) malując farbą pokostową. Ten ostatni sposób okazał się najlepszym. Druty poprzeczne najlepiej zakańczać końcówkami żelaznymi, jeśli zaś stosować „oczka”, to należy umocowywać je do osprzętu w taki sposób, ażeby, przystępując do zamiany, nie przecinać drutu.

Średnica drutu poprzecznego na liniach prostych nie powinna być mniejsza od 5 mm, na łukach i odcągach — 6 mm. Najczęściej stosowane są przewody jezdne następujące: miedziane „A” — o średnicy 8 mm, „B” — profilowe 65 mm² — spłaszczona ósemka, „C” — profilowe 100 mm² — ósemka o dolnym brzuszku większym; żelazne o średnicach 8 i 10 mm. Przewód miedziany o średnicy 8 mm używany jest na druty dodatkowe; przewód profilowy 65 mm² stosuje się jako normalny przewód jezdny, zaś profil 100 mm² ma zastosowanie w śródmieściu na liniach o dużym ruchu, lub przy liniach, wybiegających poza miasto, ze względu na spadek napięcia.

Przewody żelazne, wprowadzone u nas przez okupantów niemieckich, zastępowały rekwirowane przewody miedziane. Obecnie znajdują doskonałe zastosowanie przy budowie sieci nad torami w zajezdniach. Zaznaczyć należy, że w tym przypadku zostawiamy nad jednym torem przewód miedziany, traktując go jako zasilanie.

Zużycie przewodu jezdnego polega na zdzieraniu miedzi przez ślizgacze, przesuwające się pod przewodem.

Zdzieranie to zależy od kilku czynników, przede wszystkim od ilości przejazdów, następnie od stopnia twardości miedzi przewodu jezdnego i aluminium lub innego metalu, z jakiego wykonany jest ślizgacz, pozątem od siły nacisku ślizgacza na przewód jezdny oraz od stanu szyn i strzałki zwisu przewodu.

Na rys. 3, 4, 5 i 6 widać, jak ilość przejazdów wpływa na zdarcie, w tablicy zaś II podane są dane dokładne.

Tablica II.

rys.	Miejsce obserwacji	Czas zdarcia	Zdarcie w mm ² na 100000 przejazdów	Ilość przejazdów w ciągu roku
3	Krak.-Przedm. 11	1.V.30-15.III.33	0.266	512 825
4	Marszałkowska 108	21.V.30-15.III.33	0.402	391 280
5	Puławska—pełla	25.V.30-26. I.33	0.589	121 180
6	Nowy Zjazd 1	6.V.32-30. I.34	0.349	450 775

Wszystkie czynniki, wpływające na zużycie przewodu jezdnego, z wyjątkiem pierwszego, mogą być tak dobrane i uregulowane, ażeby przewód jezdny był jaknajlepiej zabezpieczony od zdzierania.

Twardość przewodu jezdnego i ślizgacza regulują odpowiednie przepisy *). Nacisk ślizgacza jest kontrolowany przez zajezdnie; w Tramwajach Warszawskich wynosi on 2,5 kg. Należyte utrzymanie i uregulowanie szyn wpływa dodatnio na stan przewodu jezdnego. Faliste zużycie

szyn, jak również wybite rozjazdy, odbijają się na przewodzie jezdny, dając na jego powierzchni identyczny ślad w postaci falistego zdarcia (rys. 7).

Zaznaczyć należy, że w pobliżu przystanków, w miejscu, gdzie wagon rusza i zużywa przeto więcej energii, na sieci daje się zauważyć większe zużycie przewodu. Szczególniej dało się to zaobserwować przed wprowadzeniem w Tramwajach Warszawskich systemu trójprzewodowego, gdyż



Rys. 7.

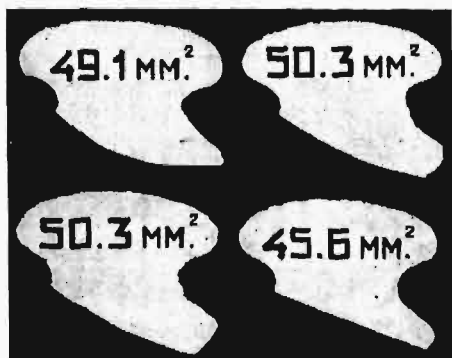
Faliste zdarcie przewodu jezdnego.

*) patrz Przepisy Polskiego Komitetu Normalizacyjnego: twardość miedzi — 80°, twardość aluminium — 60° Brinella.

wówczas przewód jezdny był włączony na biegun dodatni. Szybkie to zużycie jest wyraźnym zjawiskiem przenoszenia z przewodu dodatniego cząsteczek elektrododatnich (cząsteczki metalu, wodór i zasady). Ilość metalu zależy od ilości prądu (1 amper na godzinę zabiera 2,35 g miedzi).

Przewód jezdny, zdzierając się, zmniejsza swój przekrój. Jeśli przekrój ten zmniejszy się tak, że przy normalnym naciągu (około 600 kg) wystąpi niedopuszczalne naprężenie na rozrywanie, przystępujemy do wymiany przewodu.

W Tramwajach Warszawskich przewody jezdne wymieniamy, jeżeli wysokość drutu okrągłego o średnicy 8 mm spadnie do 5,1 mm a wysokość profilowego obniży się do 5,5 mm (wysokość nowego przewodu jezdnego 65 mm² równa się 8,4 mm); ze zmniejszeniem się wysokości przewodu jezdnego stopień bezpieczeństwa również maleje z 4,3 przy nowym przewodzie do 2,8 przy przewodzie, wymagającym wymiany. Ponieważ grubość 5,5 mm uważamy za niebezpieczną, miejsce to należy naprawić. Są dwa sposoby: albo wymiana przewodu na nowy, albo zabezpieczenie. Wymienić można najmniej jedno pole (odległość pomiędzy drutami poprzecznymi równa około 33 m) i wtedy, jeśli niebezpieczny przekrój znajdujemy na odcinku dłuższym, niż 2 m, lub jeśli miejsc takich, chociażby nawet krótkich, jest kilka; w przeciwnym razie stosujemy zabezpieczenie. Zabezpieczenie polega na przymocowaniu zapomocą zacisków, obok zdartego przewodu jezdnego, odcinka drutu profilowego, którego dolny brzuszek wystaje poniżej przewodu jezdnego. Wówczas ślizgacz nie zdiera już przewodu jezdnego, lecz sunie po drucie zabezpieczającym; obserwujemy wtedy, że w miejscach wejścia ślizgacza z przewodu jezdnego na zabezpieczenie i zejścia z niego następuje silne i szybkie zderzenie przewodu jezdnego. Z czasem więc długość drutu zabezpieczającego należy zwiększać, wskutek czego ciężar wzrasta i zwis powiększa się, co w konsekwencji wpływa na dalsze zdzieranie przewodu jezdnego. Zabezpieczenia, jak wspomniano wyżej, przymocowuje się zapomocą zacisków, zakładając ich co najmniej po dwa z każdej strony miejsca zagrożonego. W Tramwajach Warszawskich długość zabezpieczenia pomiędzy wieszakami nie przekracza 6 m, pod wieszakami zaś — po 4 m z obu stron wieszaka. Na druty zabezpieczające używamy zdarte przewody jezdne, których grzbiet obracamy ku dołowi. Może-

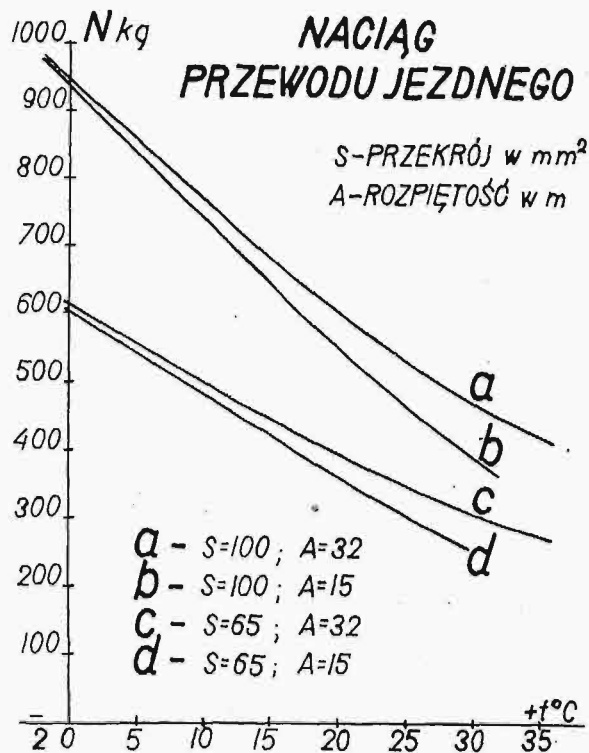


Rys. 8.
Przekroje przewodów jezdnych zdartych bokiem.
(powierzchnia w mm²)

my korzystać tylko z tych przewodów, które zdierają się nie bokiem (rys. 8), gdyż wówczas rowek przewodu jest zdarty i klamerki nie mają czego się trzymać.

Z rys. 8 widzimy, że chociaż przekrój przewodu jest jeszcze dostateczny, nie możemy go zastosować jako drutu zabezpieczającego z wyżej podanych względów.

Naprężania i luzowania przewodu jezdnego regulują jego zwis. Przy wzroście temperatury przewód i druty dodatkowe wydłużają się, powodując iskrzenie pałaków wskutek nadmiernego zwisu. Luzowanie sieci, dokonywane na jesieni, ma na celu osłabienie naciągu przewodu jezdnego, co zabezpiecza sieć przed zerwaniem przy ni-



Rys. 9.

Wykresy naciągów przewodu jezdnego.

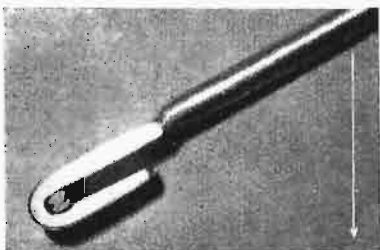
skiej temperaturze. Dla określenia siły naciągu przewodu jezdnego w zależności od temperatury służy wykres rys. 9.

Przed przystąpieniem do luzowania lub naciągania sieci, wystarczy zluźnić klamerki na pobliskich dwóch wieszakach po obu stronach doprężnika (ściągnacza). Po naprężeniu, ewentualnie zluźnieniu, do określonego naciągu, wystarczy ustawić wieszaki zaciskami w ten sposób, aby drut poprzeczny stanowił prostą; następne druty poprzeczne, poza dwoma najbliższymi od doprężnika, są tak mało zdeformowane, że zostawiamy je bez prostowania. Naciąg należy sprawdzać dynamometrem, luzowania zaś można dokonywać wg. praktycznie określonych danych, licząc po 5 do 6 mm na jedno pole.

Ważniejszym osprzętem sieci są: izolatory sekcyjne, doprężniki, odgromniki, części izolujące, t. j. wieszaki, sprzążki i t. d. Należy w ten sposób dobierać typ osprzętu sieci, aby był on najdogodniejszy w eksploatacji. Tak np. izolatory sekcyjne o dwóch drewniakach - płozach są odpowiedniejsze, a to dlatego, że gdy jedno drewno pęknie, ślizgacz bez obawy zerwania sieci może przesunąć się pod pozostałym; ruch nie zostanie przerwany aż do przyjazdu pogotowia.

Utrzymanie wyżej wymienionych części sieci jezdnej składa się z dwóch okresów: rewizji i naprawy. Jeśli podczas rewizji zauważono uszkodzenie, wymagające natychmiastowej naprawy, dokonywa się jej odrębnie, do normalnej zaś naprawy przystępujemy po skończonej rewizji. Rewizje sieci należy przeprowadzać w określonych terminach (Tr. Warsz. co 6 — 8 tygodni). Polegają one na skrupulatnym sprawdzeniu przewodów i osprzętu. Badając przewód jezdny, należy obejrzeć go i dokonać pomiarów grubości.

Fowinno się zwracać uwagę, rewidując sieć, czy przewód profilowy nie jest skręcony, gdyż wówczas zdziera się on bokiem (patrz rys. 8). W tym wypadku trzeba przy pomocy t. zw. skrętaka (rys. 10) odręcznie wyregulować przewód, ażeby oś rowków drutu była równoległa do płaszczyzny szyn.



Rys. 10.

Przyrząd do skręcania przewodu jezdnego (skrętak)

Grubość przewodu mierzy się przy pomocy szablonu i mikrometra. Szablon do pomiaru grubości przewodu jest to płytką stalową (rys. 11), na której wycięte są zęby o różnej wysokości (7,5; 7,25; 7,00; 6,75 i 6,50 mm).

Szablonem tym kontrolujący sieć sprawdza, w którym wcięciu mieści się przewód. Jeżeli pomiar szablonem wskazuje zdercie przewodu do wysokości poniżej 6,5 mm, wówczas dokonywujemy pomiaru zapomocą mikrometru i wyniki notujemy w zeszyciku. Pomiaru grubości przewodu dokonywuje się:

a) w miejscach wybranych do obserwacji,

b) w miejscach zaobserwowanych zapomocą szablonu, t. j. takich, gdzie wysokość przewodu jest niższa, niż 6,5 m.

Porządek notowania zdarć i innych uszkodzeń jest następujący: ślusarz notuje uszkodzenie w zeszycie, który po skończonej robocie oddaje majstrowi; majster lub pisarz wciąga zanotowane uszkodzenia do książki kontroli, a po dokonaniu naprawy notuje nazwisko naprawiającego i datę.

Jak już zaznaczono, przewód, zdzierany na małej długości, zabezpieczamy „specjalnym profilem”; długie uszkodzone odcinki wymieniane na nowe. Wymiana przewodów jezdnych w eksploatacjach, które stosują ruch nocny,

bardzo jest kłopotliwa, gdyż podczas tych robót ruch nocny należy kierować inną drogą, a nawet go przerywać; ażeby tego uniknąć, zastosowaliśmy na linjach o wzmożonym ruchu przewód o przekroju 100 mm² o dolnym brzusku większym; zdziera się on dłużej, wskutek czego w ruchliwych punktach rzadziej przystępujemy do wymiany, praca więc naszą mniej przeszkadza ruchowi.

Profil przewodu jezdnego 100 mm² powinien być tak dobrany, ażeby klamienki i zaciski były tego samego typu i wymiarów, co i dla profilu 65 mm². Chcąc uniknąć zwisu przewodu jezdnego 100 mm² należy poddać go większemu napięciu, niż 65 mm² (zamiast 600 kg dajemy 800 — 900 kg). Gdy przewód 100 mm² zedrze się do wysokości 8,2 mm, trzeba traktować go jako przewód 65 mm² a, zmniejszając odpowiednio naciąg, stosować do niego te same normy, co i dla przewodu 65 mm².

Okresy wymiany przewodu jezdnego zależne są od

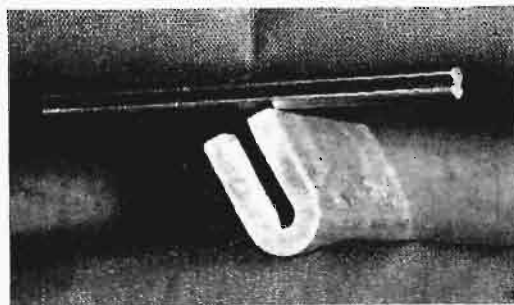
wyżej wspomnianych czynników i wahają się od 3 do 26 lat. Okres 3-letni, niezmiernie krótki, notowany był w Tramwajach Warszawskich w punktach najwięcej ruchliwych (Nowy Zjazd — 450 000 przejazdów rocznie, Krakowskie Przedmieście — 513 000 przejazdów rocznie), lecz przewód ten był jednym z pierwszych, wykonanych w kraju po wojnie. Są jednak przewody jezdne, które pracują od czasu wybudowania Tr. Warsz., — trwają już więc 26 lat i dopiero obecnie część z nich ulegnie wymianie.

Dla oszczędzania przewodu jezdnego należy pamiętać o jego smarowaniu. Zasadniczo przewód jezdny jest stale smarowany przez smar ślizgacza, niezależnie jednak od tego cała sieć powinna być dwa razy do roku posmarowana cienką warstwą smaru. W lecie używamy w tym celu czystej wazeliny technicznej, w zimie zaś dodajemy do niej trochę oliwy maszynowej.

Co 3 do 5 lat należy sprawdzać położenie przewodu jezdnego na wieszakach w stosunku do pałaka. W tych samych odstępach czasu powinniśmy sprawdzać wysokość zawieszenia przewodu jezdnego. Jeśli przewód jest zawieszony nadmiernie wysoko, siła nacisku ślizgacza na przewód zmniejsza się, co może spowodować zły styk ślizgacza i w następstwie znaczne iskrzenie, które opala przewód jezdny. Przy niskim zawieszeniu przewodu jezdnego nacisk ślizgacza wzrasta, zdercie zwiększa się, pozatem ślizgacz, połączony nieruchomo z pałakiem, przy pochyleniu pałaka, posuwając się ostrym brzegiem, zdziera przewód (rys. 12).

Większe tego rodzaju zdercia dają się zwłaszcza zauważyć pod wiaduktami, gdzie wysokość zawieszenia sieci dochodzi do 4,2 m (w Warszawie nominalna wysokość wynosi 6,5 m).

W dalszym ciągu rewizji należy badać druty dodatkowe i „specjalne profile”, a mianowicie, czy drut dodatkowy ma odpowiednie napięcie oraz czy zaciski na drutach dodatkowych i specjalnych są dokręcone. W punktach ruchliwych druty dodatkowe podlegają częstej wymianie (co 3—4 miesiące), lecz wobec stosowania na druty dodatkowe miedzi kadmowej, której twardość równa się 105° Brinella, czas ich pracy wzrasta (do 5 miesięcy). Prowadzący rewizję musi zwracać uwagę i na osprzęt izolujący, t. j. na sworznie wieszaków, sprzązki i beleczki izolatorów sekcyjnych. Jest to tylko badanie powierzchowne, które nie zawsze daje realne wyniki. Do ścisłego badania izolacji osprzętu sieci przystępujemy dwa razy do roku, sprawdzając opór

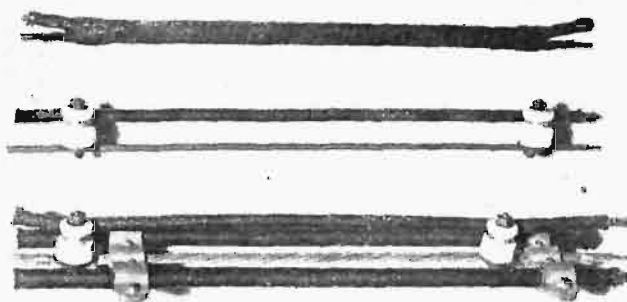


Rys. 12.

Położenie ślizgacza pałaka przy niskim zawieszeniu przewodu jezdnego.

każdej izolującej części sieci specjalnie wzorcowanym woltomierzem, w założeniu, że w suchym powietrzu oporność izolacji powinna wynosić co najmniej 10 megomów, w wilgotnym zaś najmniej 3 megomy. Osprzęt sieci z niepewną izolacją jest notowany, następnie zaś wymieniany. Części izolujące przed oddaniem do eksploatacji poddaje się pró-

bie na 3000 woltów oraz 3-krotnemu raptownemu włączaniu i wyłączaniu i tylko taki osprzęt, który wytrzyma to napięcie, uważany jest za odpowiedni.



Rys. 13.

Stary i nowy sposób przymocowania przewodów izolowanych do drutów poprzecznych.

Dwa razy do roku — w marcu i w sierpniu — sprawdzane są odgromniki różkowe, t. j. ich izolacja, odległość różków, która powinna wynosić 5 mm, oraz wygięcie różków według szablonu.

Prócz tego po każdej silnej burzy należy przeprowadzać pobieżną rewizję odgromników i oczyszczać różki, na których zauważono ślady wyładowań elektrycznych.

Jeszcze w roku 1930 przewód izolowany, łączący przewód jezdny z odgromnikiem, układany był na zaizolowanym drucie poprzecznym i przymocowany izolacją, następnie lakierowany. Okazało się, że drut poprzeczny pod izolacją bardzo rdzewiał; dla uniknięcia tego zastosowano umocowanie przewodów izolowanych do drutów poprzecznych zapomocą izolatorów (rys. 13). Sposób ten okazał się bardzo praktyczny.

Obecnie w ten sam sposób przymocujemy do drutów poprzecznych przewody izolowane w punktach zasilających.

Podczas ogólnej rewizji powinno się zwracać uwagę na słupy i rozety, podtrzymujące sieć, i na wysięgniki, a mianowicie, czy nie uległy one skrzywieniu lub innemu uszkodzeniu. Słupy żelazne wszelkich typów i wysięgniki



Rys. 14.

Cokół betonowy przy słupie kratowym.

wają różne zanieczyszczenia, ściekające po chodnikach: brud, sól, używana obecnie do rozpuszczania lodu, i inne nieczystości. Praktycznym zabezpieczeniem od powyższego są

cokoły betonowe o wysokości 50 cm (rys. 14). Należy zwracać uwagę, ażeby cokół betonowy związał się z betonem fundamentu, gdyż w przeciwnym razie zostaje warstwa



Rys. 15.

Malowanie słupa zapomocą natrysku.

ziemi, co destrukcyjnie wpływa na żelazo. Sposób ten znacznie przedłużył egzystencję słupów w Tramwajach Warszawskich. Przed malowaniem słupów kratowych należy naprawić ewentualne uszkodzenia cokołu betonowego oraz oczyścić i pomalować słup u wierzchołka w miejscu zamocowania główki (kopułki). Tak przygotowane słupy i wysięgniki, oskrobane z rdzy i wyszczotkowane, można już malować.

W sezonie 1933 roku w Tramwajach Warszawskich rozpoczęto malowanie słupów zapomocą natrysku; służy do tego sprężarka, umieszczona na samochodzie (rys. 15).

Do aparatu tego dołączone są dwa pistolety, działające pod ciśnieniem około 4 atmosfer. Używa się zwykłej farby pokostowej, rozcieńczonej rozpuszczalnikiem w stosunku 6 : 1. W pierwszym roku próby otrzymano następujące wyniki: 6 pracowników w przeciągu 8 godzin pomalowało 12 słupów, gdy przy malowaniu ręcznym ta sama ilość ludzi pomalowała 8 słupów. Sądzić należy, że następne lata, gdy pracownicy przyzwyczają się do tego sposobu malowania, dadzą wyniki jeszcze lepsze. Malarze



Rys. 16.

Ustawienie słupa drewnianego w obsadzie z szyn.

niechętnie pracują tym aparatem, motywując to utrudnieniem ruchów przy pracy w brezentowym ubraniu i okularach. Wadą też tego systemu jest większe zużycie farby, niż przy malowaniu pędzlem. W naszym wypadku zużycie to wzrosło o ok. 50%.

Osprzęt sieci ze względu na małe powierzchnie malujemy pędzlem w tych samych okresach czasu, co i słupy, t. j. co 4 lata.

Słupy drewniane powinny być sprawdzane najmniej raz do roku. W tym celu odkopuje się słup na głębokość około 50 cm od powierzchni i w miejscu, gdzie przypuszczalnie słup może gnić, t. j. od powierzchni ziemi aż do głębokości około 20 cm, wierci się otwór i bada otrzymane wiórki. O ile badany słup okaże się dobry, otwór zabija się kołkiem z twardego drzewa a odkopaną część słupa smaruje się płynem przeciwnilnym (karbolineum, gudronitem lub gorącą smołą), jak również i część słupa nad powierzchnią do wysokości 50 cm. Gdy badane wiórki wskazują, że słup jest zepsuty, wymienia się go na nowy lub wzmacnia pasierbem. Bardzo praktycznymi w konserwacji okazują się słupy drewniane, ustawione na starych szynach tramwajowych lub kolejowych.

W ten sposób słup drewniany jest całkowicie zabezpieczony od destrukcyjnego działania wilgoci ziemi, lecz i takie słupy należy co dwa lata sprawdzać, gdyż mogą się one psuć nawet na znacznej wysokości (około 5 m nad ziemią).

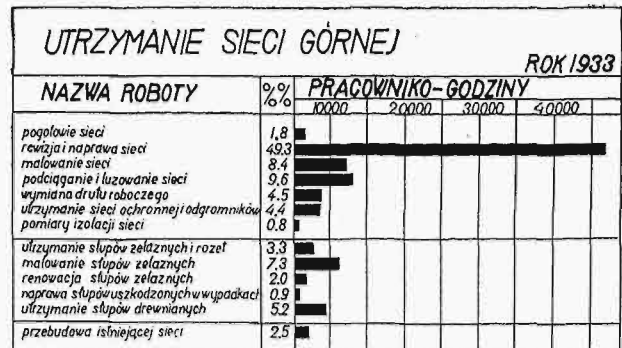
Do sprawdzania rozet i haków ściennych, podtrzymujących sieć, przystępuje się co 4 lata. Badając rozetę sprawdza się śruby, sworznie i uszka, czyści się je i maluje oraz sprawdza się osadzenie haka. Jednocześnie przeprowadza się naprawę tłumików, wymieniając je na uprzednio sprawdzone w warsztacie.

Wszyscy pracownicy sieci powinni znać i posiadać przepisy, w których musi być podane: 1. jak należy obchodzić się z narzędziami, 2. jak jechać wozem montażowym, 3. jak ustawiać wóz montażowy, 4. jak wyłączać prąd z sieci, 5. jak zachować się przy pracy na sieci będącej pod napięciem, 6. jak zabezpieczać miejsca wypadku i miejsca pracy, 7. jak zachować się podczas burzy i 8. jak udzielać pomocy porażonym prądem (zgodnie z przepisami S. E. P.). W tychże przepisach podać należy numery najważniejszych telefonów tramwajowych, straży ogniowej, pogotowia ratunkowego i t. p. Wykaz tych telefonów powinien być również wywieszony na widocznym miejscu w warsztatach sieci.

Wszystkie roboty, wykonane przy sieci górnej w Tramwajach Warszawskich w roku 1933, pokazane są na rys. 17.

Procentowa zależność robotniko-godzin, użytych na poszczególne roboty, może służyć do pewnego stopnia jako

sprawdzian dla innych przedsiębiorstw tramwajowych. Najwięcej robotniko-godzin przypada na rewizję i naprawę sieci górnej.



Rys. 17.

Wykres utrzymania sieci górnej Tramwajów Warszawskich za rok 1933.

Utrzymując sieć w sposób wyżej opisany, należy się spodziewać dobrych wyników. Jeżeli za wskaźnik dobrego utrzymania sieci można uważać ilość zerwań przewodu jezdni, to w Tramwajach Warszawskich otrzymujemy wyniki dodatnie.

W roku	Wzywano pogotowie sieci		Zerwanie przewodu jezdni	
	razy	na 1 km sieci	razy	na 1 km sieci
1919	21	0.2	3	0.03
1920	45	0.4	4	0.03
1921	69	0.6	2	0.02
1922	98	0.8	3	0.02
1923	110	0.8	0	0.00
1924	112	0.7	3	0.02
1925	154	0.9	3	0.02
1926	151	0.9	2	0.01
1927/28	86	0.5	2	0.01
1928/29	128	0.7	3	0.02
1929/30	90	0.4	1	0.005
1930/31	82	0.4	1	0.005
1931/32	104	0.5	3	0.01
1932/33	175	0.8	2	0.01

Według danych inżyniera Tramwajów Berlińskich M. Otto z roku 1910 na zjeździe w Brukseli, roczna ilość zerwań przewodu jezdni na 1 km sieci w różnych miastach europejskich wynosi od 0,1 do 1,9. W Tramwajach Warszawskich za czas od 1919 do 1932/33 ilość ta waha się w granicach od 0 do 0,03.

OŚWIETLENIE ELEKTRYCZNE WAGONÓW KOLEJOWYCH

Inż. Józef Zieliński.

Streszczenie. Systematyczny przegląd głównych rodzajów i typów oświetlenia elektrycznego wagonów z rozpatrzeniem typów prądnic i ich napędu, układu połączeń i działania, regulatorów prądu i sieci lamp dla trakcji dalekobieżnej i podmiejskiej. Znaczenie regulacji napięć na zaciskach prądnic i w sieci lamp. Zasilanie lamp wagonów specjalnych w energię elektryczną na stacjach.

Wstęp.

Groza katastrof kolejowych powiększana była zawsze przez pożary, wzniecane rozbiciem lampami oliwnymi lub też wybuchami zbiorników gazowych.

W związku z rozwojem bezpośredniej komunikacji międzynarodowej, zjazd komunikacyjny w Rzymie w roku 1926 ustalił dla ruchu międzynarodowego jako normę oświetlenie elektryczne niskowoltowe; jest ono całkowicie bezpieczne, a prócz tego estetyczne i wydajne.

Rodzaje i typy oświetlenia.

Instalacje oświetlenia elektrycznego w wagonach kolejowych można podzielić na kilka zasadniczych typów, a mianowicie na:

- A) akumulatorowe,
- B) indywidualne,
- C) pół-indywidualne,
- D) zbiorowe:
 - a) przy trakcji parowej,
 - b) przy trakcji elektrycznej prądu stałego,
 - c) przy trakcji elektrycznej prądu zmiennego.

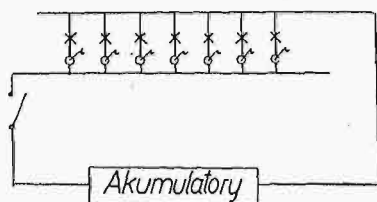
Jako napięcie dla instalacji oświetleniowych stosuje się — 20, 24 i 32 wolt. Polskie Koleje Państwowe przyjęły nominalne napięcie w sieci 24 wolt.

Oświetlenie akumulatorowe.

Instalacja elektryczna takiego wagonu składa się z baterji akumulatorów, jako źródła prądu, oraz z punktów świetlnych (rys. 1).

Pojemność baterji jest tak dobrana, aby wagon mógł przebyć drogę od stacji wyjściowej do stacji krańcowej (lub też do stacji, gdzie rozładowana baterja zostanie zastąpiona naładowaną) dostatecznie oświetlony, tak aby podróżnym dać możliwość swobodnego czytania.

Ten typ oświetlenia jest stosowany na większą skalę przez Włoskie Koleje Państwowe, obecnie jednak prowadzone są próby nad ustaleniem odpowiedniego typu oświet-



Rys. 1.

Schemat uproszczony oświetlenia akumulatorowego.

lenia indywidualnego. W Polsce system powyższy jest zastosowany jedynie na niektórych kolejach wąskotorowych.

Wadą tego systemu jest konieczność stałej kontroli stanu naładowania baterji oraz prawie codzienne doładowywanie wszystkich wagonów, przeznaczonych do ruchu.

Oświetlenie indywidualne.

Każdy wagon jest zaopatrzone w urządzenie, pracujące na tych samych zasadach, co mała elektrownia automatyczna. Wagon z takimi instalacjami mogą być dowolnie grupowane na stacjach węzłowych, mając zawsze zapewnione oświetlenie. W instalacje indywidualne zaopatruje się więc wszystkie wagony pociągów dalekobieżnych.

Urządzenie oświetlenia indywidualnego składa się:

- a) z prądnicy, b) automatu, c) baterji akumulatorów.

Uproszczony schemat instalacji przedstawia rys. 2.

a) Prądnica.

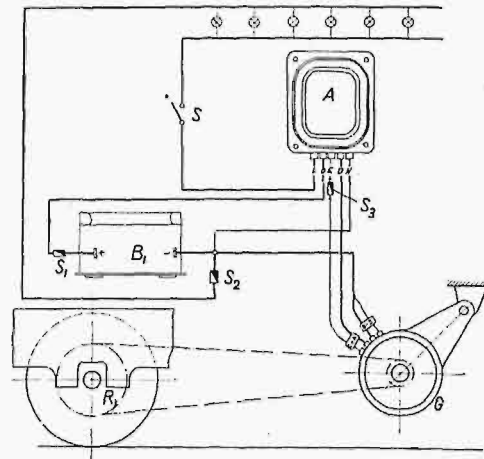
Prądnicę stosuje się budowy zamkniętej o chłodzeniu powierzchniowym, przystosowaną do zawieszenia na pudle wagonu (rys. 3) lub na wózku (rys. 4).

Napęd prądnicy może się odbywać przy pomocy:

- 1) przekładni stożkowej i kardana (rys. 5, Szwecja),
- 2) kół ciernych (próby, Niemcy),
- 3) łańcuchów skórzanycy (Rumunja),
- 4) przekładni pasowej (rys. 3 i 4, Polska, Francja, Anglia, Szwajcaria, Belgja),

5) przekładni pasków trapezoidalnych bez końca (Ameryka, obecnie są prowadzone próby na P. K. P.).

Naciąg pasa osiąga się przy pomocy sprężyny odpychającej (rys. 4) lub przyciągającej (rys. 3) czy też cię-

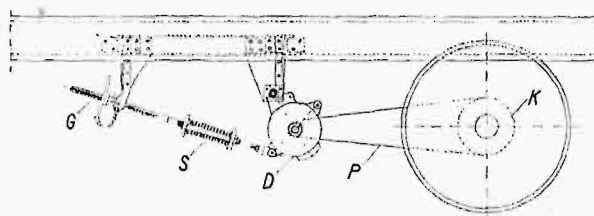


Rys. 2.

Uproszczony schemat instalacji oświetlenia elektrycznego
A — regulator, G — prądnica, B — baterja.

żaru samej prądnicy, wychylonej z pozycji normalnej (rys. 6).

Wszystkie wyżej wyliczone rodzaje napędów mają swe



Rys. 3.

Prądnica, umocowana na pudle wagonu. Naciąg pasa przy pomocy sprężyny. G — śruba, regulująca naciąg pasa, D — prądnica, P — pas, K — koło pasowe na osi wagonu.

zalety i wady. Tylko długotrwałe badanie wyników pracy i zestawienia statystyczne kosztów konserwacji mogą dać pewne dane co do korzyści zastosowania któregośkolwiek z omówionych wyżej sposobów napędu.

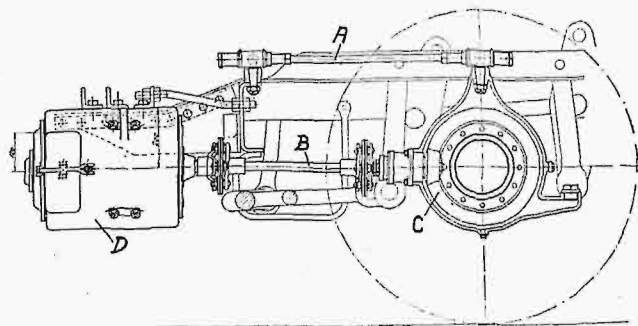


Rys. 4.

Widok prądnicy, zawieszanej na wózku wagonowym. Naciąg pasa przy pomocy sprężyny.

Ogólnie można powiedzieć, że za najlepszy typ napędu należałoby uważać napęd kardanowy, dający pełną gwarancję pracy prądnicy, nie ulegający wpływom warun-

ków atmosferycznych, co ma miejsce przy wszystkich rodzajach napędu, powodując czy to mniejszy współczynnik tarcia i zwiększenie poślizgu, a co zatem idzie i szybkiego jej zniszczenia, czy też wprost spadnięcie pasa w drodze.



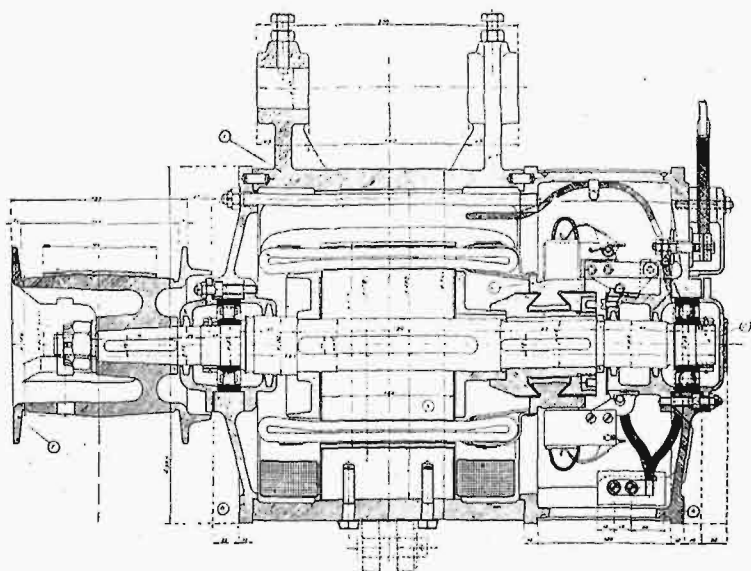
Rys. 5.

Prądnica, zawieszona na wózku wagonowym. Napęd przy pomocy przekładni kół zębatach i kardana. A — drążek unieruchamiający, B — drążek napędzający, C — przekładnia zębata, D — prądnica.

Rodzaj napędu prądnicy ma zasadniczy wpływ na ustalenie pojemności baterji. Pewny i trwały napęd pozwala na zmniejszenie samej pojemności baterji, ograniczając jej wielkość jedynie do wielkości, potrzebnej w czasie dłuższego postoju pociągu. Odpada tutaj możliwość niedoładowania baterji w czasie jazdy. Z drugiej strony sposób napędu prądnicy ma zasadniczy wpływ na jej żywotność.

Prądnica, zawieszona na wózku wagonowym, ulega o wiele większym twardym wstrząsom (dynamicznym), niż zawieszona na pudle wagonu, gdzie lepiej jest odresorowana i ulega wskutek tego tylko łagodniejszemu falowaniu wraz z pudłem wagonu.

Pozatem wpływ zawieszenia odbija się na żywotności łożysk (kulkowych i rolkowych), głównie od strony napędu. Przy napędzie kardanowym łożyska kulkowe prądnicy

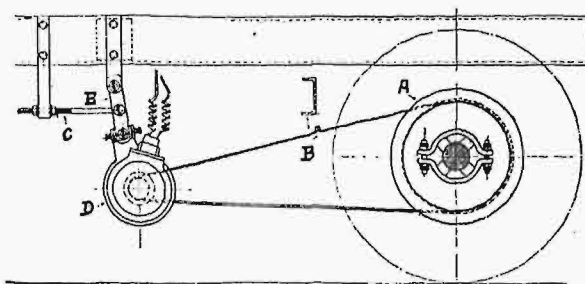


Rys. 7.

Przekrój podłużny prądnicy wagonowej.

od strony napędu, jak i komutatora, znajdują się w jednakowych warunkach pracy, będąc jedynie pod normalnym ciężarem twornika. Przy napędzie pasowym występuje dodatkowa siła w kierunku poziomym, pochodząca od na-

ciągu pasa, która wzrasta w zależności od zmniejszania się odległości środków kół pędzonego i napędowego. Gdy odległości te są małe, w celu zmniejszenia poślizgu stosuje się naprężanie pasów przy pomocy sprężyny.



Rys. 6.

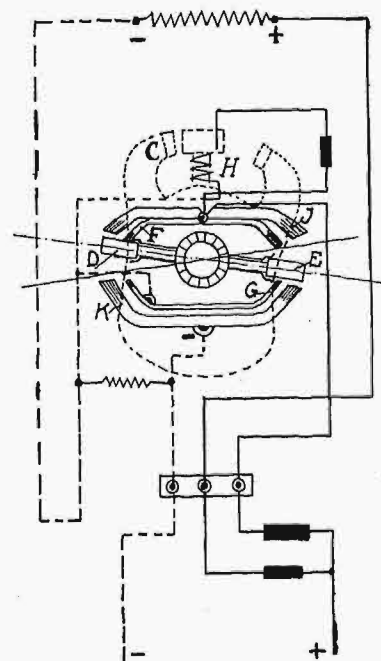
Prądnica zawieszona pod pudłem wagonu, jak rys. 3, lecz naciąg przy pomocy ciężaru własnego. A — koło pasowe na osi wagonu, B — pas, C — naprężacz pasa, D — prądnica, E — zawieszenie pośrednie.

Pod względem konstrukcyjnym prądnice wagonowe posiadają te same główne części składowe, co zwykłe prądnice prądu stałego, z tą różnicą, że są dostosowane do zawieszania i mogą pracować przy zmiennej ilości i kierunkach obrotów, nie zmieniając swej biegunowości.

Zastosowanie prądu stałego do oświetlenia wagonów wynika z konieczności współpracy prądnicy z baterją akumulatorów.

Zasadniczo istniejące systemy oświetlenia elektrycznego w wagonach można podzielić na pracujące z prądnicami

- 1) bocznikowymi lub szeregowo-bocznikowymi (Asea, Brown-Boveri, Dick, Era, Pintsch, Stone-Tonum i t. d.),
- 2) szeregowo-bocznikowymi z 3-cią szczotką (Stone-Liput) lub połową zwartych (Asea, Mather-Platt, Rosenberg).



Rys. 8.

Przełącznik biegunowości prądnicy.

Nie będę opisywał ani budowy, ani funkcjonowania tych typów prądnicy, ponieważ opisy ich są dostatecznie szeroko podane w książkach, traktujących o maszynach elektrycznych.

Dla orientacji podam, że utrzymywanie stałej biegunowości prądu na zaciskach prądnicy uskutecznia się przez zastosowanie ruchomych trzymadeł szczotkowych. Rys. 7 przedstawia przekrój prądnicy wagonowej z przesuwaniem trzymadłem szczotkowym w łożyskach ślizgowych.

W prądnicach syst. Stone-Liliput zastosowany jest szczotkowy przełącznik biegunowości prądnicy (rys. 8). Składa się on z dwóch szczotek głównych *a* i *b*, które są osadzone na zawiasach, obracających się w obie strony o kąt 10°. Płytki stykowe *A* i *E* odpowiednio przyłączają się do szczotki *I* lub *K*. Utrwalenie położenia trzymadła uzyskuje się zapomocą elektromagnesu *H*, przez co styki pomiędzy szczotkami a płytkami są trwałe i nawet najsilniejsze wstrząsy prądnicy nie powodują zluźnienia się i przerywania tych styków.

Prądnice syst. Rosenberga z połową szczotek zwartych nie zmieniają swej biegunowości ze zmianą kierunku obrotów, wobec czego nie posiadają żadnych specjalnych urządzeń do tego celu.

b) Automat.

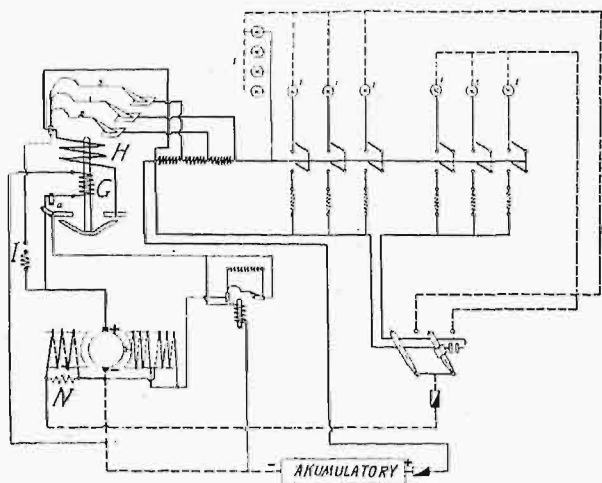
Automaty wagonowe można podzielić na trzy zasadnicze grupy:

1) automaty (włączniki automatyczne) dla prądnic o regulacji własnej (Stone-Liliput, Rosenberg);

2) regulatory napięcia, pracujące w obwodzie wzbudzenia prądnicy (bocznikowej czy też szeregowo-bocznikowej — B. B. C., Dick, Era i t. d.);

3) regulatory napięcia, pracujące w obwodzie odbiorczym, t. j. w sieci świetlnej (ASEA, AGA, Stone-Tonum).

1) *Automaty*. Współpraca prądnicy z baterią akumulatorów wymaga zastosowania wyłącznika samoczynnego, przyłączającego baterię i sieć oświetlenia do obwodu prądnicy, gdy ma ona odpowiednie napięcie, umożliwiające jednoczesne ładowanie akumulatorów, jak też i zasilanie obwodu oświetlenia w czasie biegu pociągu i przerywanie tego połączenia w chwilach postojów, jako też w tych momentach, gdy napięcie prądnicy jest niedostateczne i energia elektryczna z akumulatorów popłynęłaby w kierunku odwrotnym, uruchamiając prądnicę jako silnik i rozładowując baterię akumulatorów.



Rys. 9.

Schemat uproszczony instalacji oświetlenia, pracującego z prądnicą samoregulującą się (Stone-Liliput).

Wyłączniki samoczynne powinny działać momentalnie przy odpowiedniej wielkości napięcia (włączenia i wyłączenia).

Wyłączanie teoretycznie powinno następować przy natężeniu prądu, wynoszącym zero, które jednak w zastosowaniu

w praktycznym wynosi w najlepszym przypadku około 0,5 ampera prądu zwrotnego. Wynika to stąd, że wyłączniki samoczynne (rys. 9) pracują pod wpływem jednego uzwojenia napięciowego *G*, przyłączonego do zacisków prądnicy i włączającego ten przyrząd w chwili dojścia prądnicy do odpowiedniego napięcia, oraz drugiego szeregowego *H*, które utrwała położenie wyłącznika w stanie zamkniętym.

Z chwilą spadku napięcia na zaciskach prądnicy, przy pewnej ustalonej jego wielkości, wyłącznik powinien przerwać połączenie. W położeniu włączonym podtrzymuje go mały strumień magnetyczny uzwojenia szeregowego i to dopóty, dopóki prąd w cewce szeregowej (prądowej) nie zmieni swego kierunku, wobec czego wyłączenie automatu następuje dopiero przy pewnej wielkości prądu zwrotnego.

2) *Regulatory napięcia* służą do samoczynnego utrzymania napięcia na zaciskach prądnicy typu bocznikowego i szeregowo-bocznikowego w granicach, potrzebnych dla zasilania lamp i ładowania akumulatorów w czasie biegu pociągu, przy różnych jego szybkościach.

Od regulatorów i prądnic wymaga się normalnej, prawidłowej pracy począwszy od szybkości pociągu 30 km/godz. do 130 km/godz.

Regulatory napięcia są oparte na tych samych zasadach, co zwykłe elektrowniane; zmieniają one natężenia prądu wzbudzenia prądnicy.

Regulatory można podzielić w zależności od zasad, na jakich pracują, na regulatory:

α) oporowe (ASEA, AGA, BBC, Dick rtęciowy, E. V. R. à peine, Stone-Tonum),

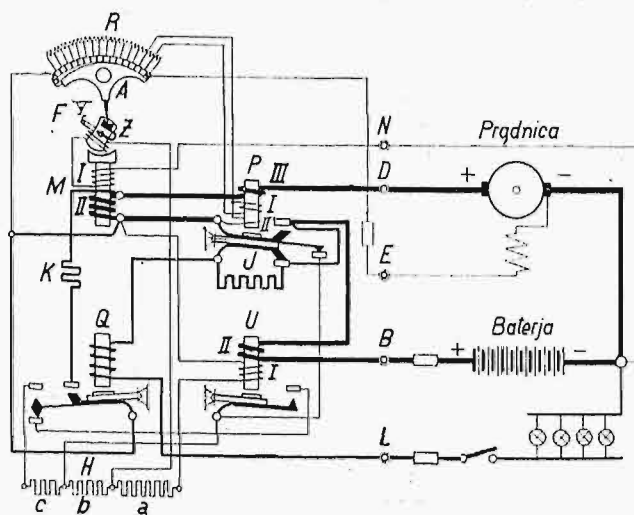
β) wibracyjne (Dick—E. V. R., Era, Elin),

γ) inne (ASEA, motorowy).

α, β *Regulatory oporowe i wibracyjne*. Zasada działania regulatorów oporowych uwidoczniła jest na schemacie rys. 10, zaś wibracyjnych — na schemacie rys. 11.

Rozwiązania konstrukcyjne są różne w systemach poszczególnych firm, lecz zasady działania są jednakowe.

Regulatory napięć, przyłączone do obwodów wzbudzeń prądnicy, utrzymują je na takim poziomie, aby zapewnić



Rys. 10.

Schemat uproszczony instalacji oświetlenia z regulatorem oporowym (B. B. C. — GI).

jaknajszybsze doładowanie baterji akumulatorów i zasilac jednocześnie obwody lamp w wagonie.

Co się tyczy napięć, potrzebnych do ładowania akumulatorów, to przy końcu ładowania baterji żelazo-niklowej potrzeba 1,85 V na ogniwo, co daje przy baterji 18-ogniwo-

wej — 33,3 V i 19-ogniowej — 35,15 V, zaś przy ołowianej 2,7 V na ogniwo, co daje przy baterji 12-ogniów. ok. 32,4 V. Równocześnie z ładowaniem baterji ta sama prądnicza dostarcza energii sieci lamp wagonowych, które są wykonane na nominalne napięcie 24 V.

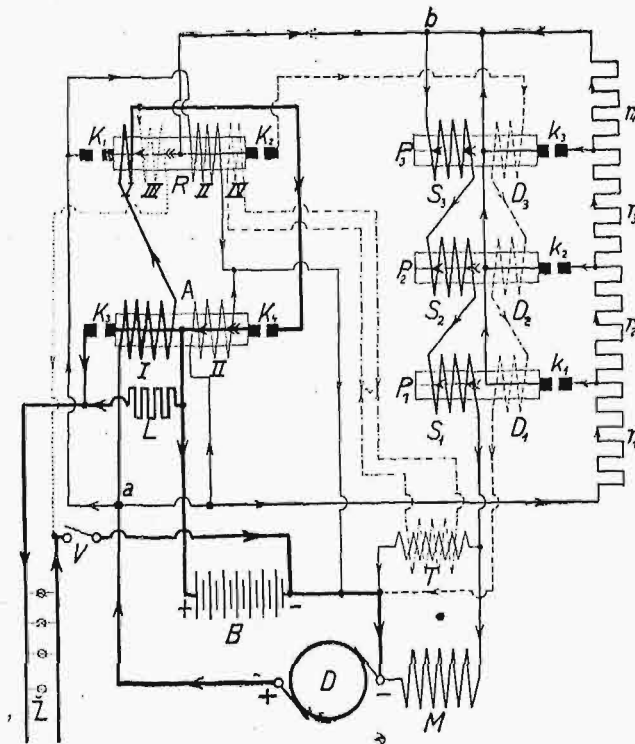
Nadwyżka napięcia prądniczy ponad 24 V dla sieci oświetlenia powinna być zredukowana tak, aby dostarczyć żarówkom napięcia nominalnego. Zastosowane przez poszczególne fabryki oporniki, włączone pomiędzy obwód baterji i prądniczy a sieć żarówek (rys. 10 a b c lub rys. 11 r_1 r_2 r_3 r_4), spełniają swe zadanie tylko częściowo, gdyż spadek napięcia na tych opornikach zależy przedewszystkiem od natężenia prądu, przepływającego przez nie, to jest od ilości palących się lamp w wagonie, jak również od wysokości napięcia na zaciskach baterji, co zależy i od stanu naładowania baterji. W tym wypadku napięcie w sieci oświetleniowej odbiega zwykle od 24 V i podnosi się nawet niekiedy do 28 V.

Wprowadzenie uzwojenia, połączonego w szereg z lampami (rys. 12), pozwoliło na częściowe uniezależnienie napięcia na żarówkach w zależności od obciążenia sieci lamp. Jako granicę najwyższego dopuszczalnego wzrostu napięcia na żarówkach przyjęto 26,5 V.

Regulator motorowy. Bardzo ciekawe rozwiązanie regulacji napięcia wprowadził inż. Akerman (A. S. E. A.), zastosowując zamiast regulatora napięcia silnik regulujący wg. schematu rys. 13.

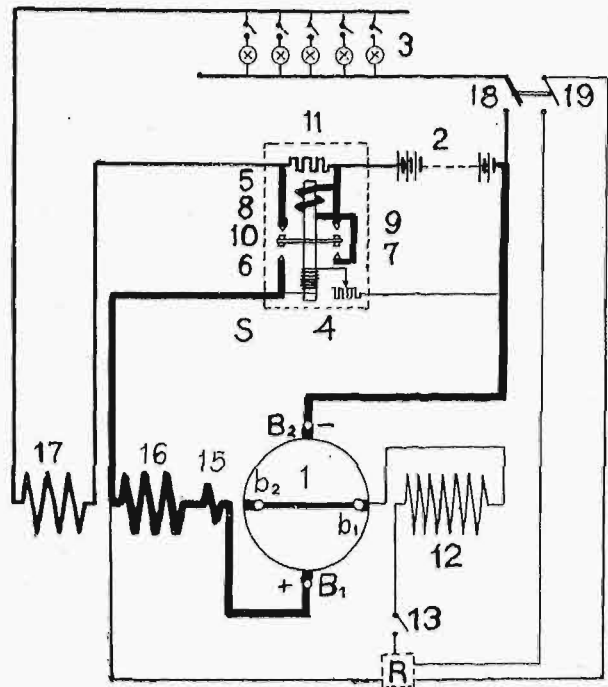
Uzwojenie wzbudzenia prądniczy jest włączone w szereg z jednym z uzwojeń stojana silnika, drugie jego uzwojenie jest wzbudzone z 6 woltowej baterji pomocniczej (4).

Wyłącznik odśrodkowy (6), uzależniony od szybkości wirowania silnika steruje wyłącznikiem głównym (5). Silnik wiruje od zera do około 2000 obr/min. Dla prądniczy o mocy 2 do 3 kW stosuje się silnik o mocy około 100 W, o wadze około 15 kg. Regulator motorowy (silnik) i bateria pomocnicza są umieszczone pod pudłem wagonu (rys. 14).



Rys. 11.

Schemat uproszczony instalacji oświetlenia z regulatorem wiracyjnym (ERA).



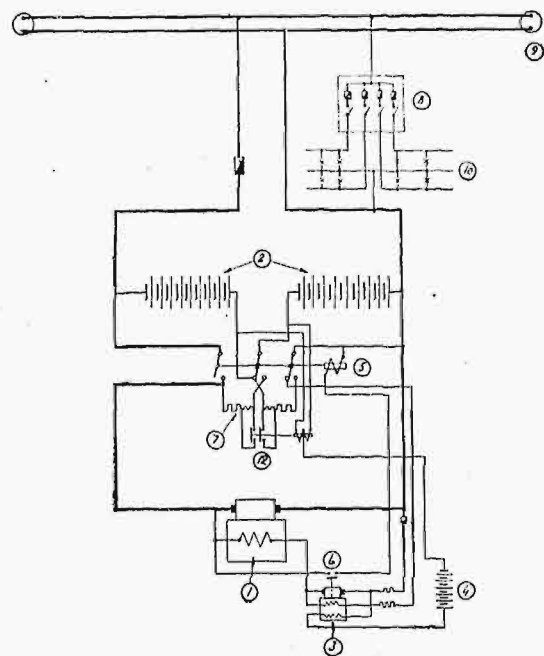
Rys. 12.

Schemat uproszczony instalacji oświetlenia ze wzbudzeniem szeregowo-lampowym (Elin).

1—Twornik, 2—Akumulatory, 3—Lampy, 4—Cewka napięciowa, 5—Cewka prądowa, 6, 7, 8, 9—Kontakty wyłącznika, 10—Płytki kontaktowe, 11—Opór lampowy, 12—Cewka bocznikowa prądniczy, 13—Wyłącznik, 15—Uzwojenie biegunów zwrotnych, 16—Uzwojenie szeregowe, 17—Uzwojenie szeregowo-lampowe, 18—Wyłącznik lampowy, 19—Wyłącznik łączony z 18, B_1 , B_2 —Szczotki główne, b_1 , b_2 —Szczotki pomocnicze, S—Wyłącznik automat, główny, R—Regulator.

3. Regulator napięcia sieci lamp. W celu usunięcia wahań napięcia w sieci oświetlenia podczas biegu pociągu i postojów, zostały wprowadzone regulatory napięcia dla sieci świetlnej (żarówek).

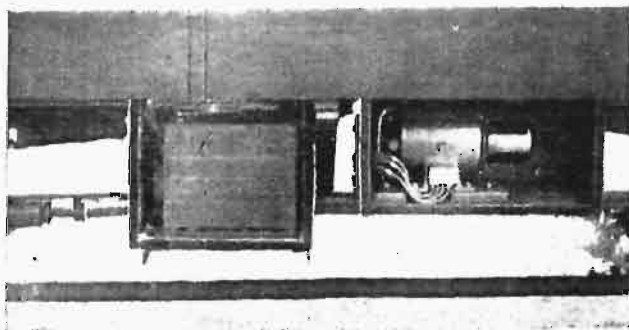
Przy zastosowaniu regulatora napięcia sieci świetlnej otrzymujemy napięcie, utrzymujące się stale na ściśle określonym poziomie.



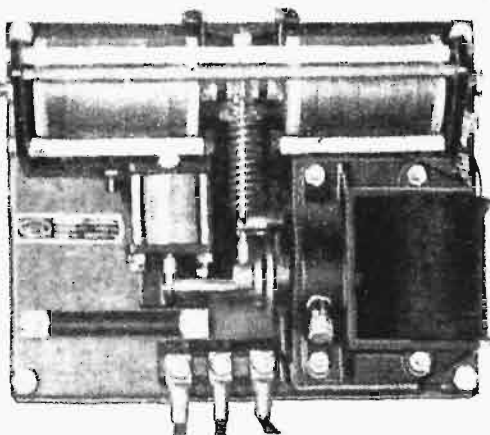
Rys. 13.

Schemat uproszczony oświetlenia z regulatorem silnikowym (ASEA).

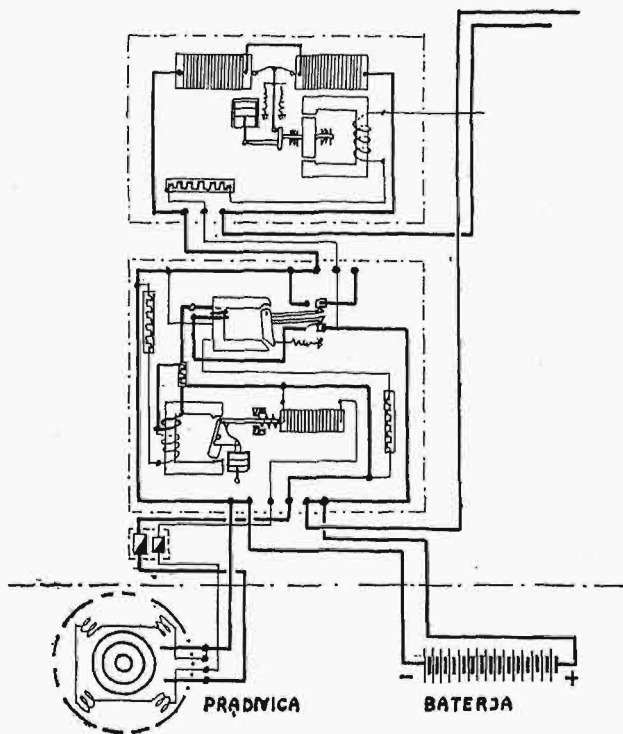
lenym poziomie. Unika się w ten sposób wszelkich wahań oświetlenia w czasie jazdy i postojów, jak również znacznie zwiększa się żywotność i wydajność żarówek, co poza przy-



Rys. 14.
Widok silnika-regulatora i baterji pomocniczej.



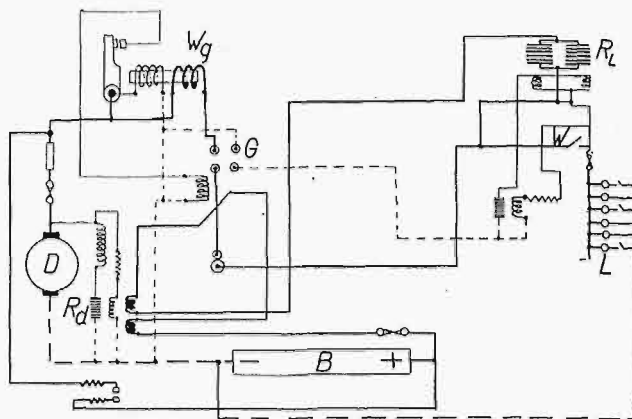
Rys. 14a.
Widok regulatora sieci lamp (ASEA).



Rys. 15.
Schemat uproszczony regulatora sieci lamp i regulatora prądnic (ASEA).

jemniejszym światłem odbija się bardzo dodatnio na kosztach eksploatacji żarówek.

Regulatory napięcia tego typu muszą regulować napię-



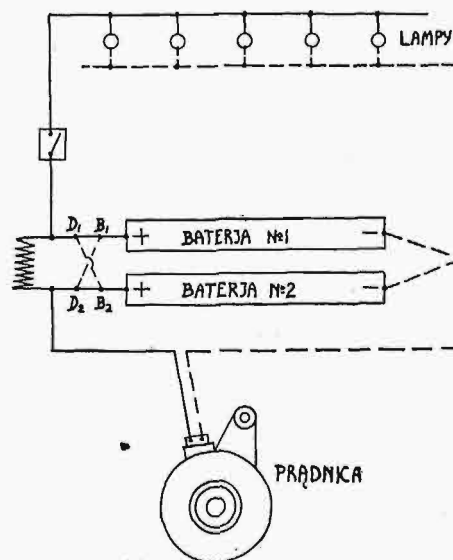
Rys. 16.
Schemat uproszczony typu oporowego dla sieci lamp i prądnic (Stone-Tonum) D — prądnica, B — bateria, L — sieć lamp, Wg — przełącznik wyłącznika głównego, G — styki wyłącznika głównego, Rd — regulator oporowy wzbudzenia, Rl — regulator oporowy sieci lamp.

cie prądu o dość dużych natężeniach, dochodzących do trzydziestu paru amperów.

Dla osiągnięcia zmiennych spadków napięć przy różnych natężeniach prądów fabryki (A. G. A., A. S. E. A., Stone) zastosowały z bardzo dobrym skutkiem oporniki grafitowe, włączone w szereg z siecią żarówek (rys. 14a, 15, 16).

Opornik taki składa się z szeregu krążków grafitowych, które są pod zmiennym naciskiem, uzależnionym od sprężyny i napięcia sieci. Przez odpowiednie ściskanie względnie zwalnianie nacisku osiąga się zmianę oporu przejścia dla prądu oświetlenia, a co zatem idzie — zmienny spadek napięcia na tym zmiennym oporniku. Fabryka A. S. E. A. i A. G. A. stosuje ten typ regulatora, jako dwa niezależne regulatory, natomiast fabryka Stone połączyła wszystko razem w całość.

Strata energii, powodowana bezużytecznym spadkiem napięcia w oporniku, nie wpływa ujemnie na ogólną sprawność całego urządzenia, — tembardziej, że strata mocy w oporniku jest zrównoważona oszczędnościami na koszcie za-



Rys. 17.
Schemat uproszczony instalacji oświetlenia wagonu przy syst. dwubaterijnym (Stone).

rówek oraz na ogólnie przyjemniejszym dla oka oświetleniu wagonu.

Celem uzyskania tego samego wyniku, t. j. jaknajmniejszego wahań napięcia żarówek bez użycia dodatkowego regulatora sieci, firma Stone ma swój system dwubaterijny (rys. 17).

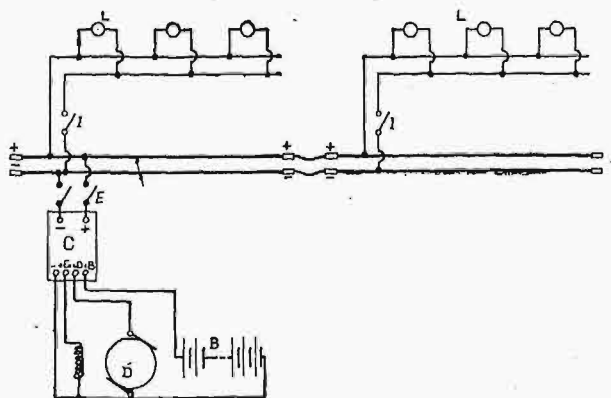
Baterje są kolejno przyłączane do ładowania przy pomocy przełącznika Pegoud ($D_1 D_2 B_1 B_2$) po każdym rozruchu pociągu. Baterja druga jest jednak przyłączona równolegle przez opornik. Sposób ten pozwolił na uzyskanie mniejszych wahań napięcia na żarówkach przy zastosowaniu tych samych oporów regulacyjnych w sieci lamp.

Jako droższy od systemów jednobaterijnych nie uzyskał jednak na kontynencie wielu zwolenników.

Oświetlenie pół-indywidualne.

W pociągach, których składy wagonów nie zmieniają się w czasie całej drogi, np. w pociągach podmiejskich przy trakcji parowej, nie stosuje się instalacji indywidualnych we wszystkich wagonach, lecz instalacja taka, umieszczona w jednym wagonie, zasilą kilka wagonów sąsiednich lub nawet cały skład pociągu. Koszt zakładowy, jak również i koszt utrzymania takiej instalacji jest o wiele niższy, niż w wagonach z instalacjami indywidualnymi.

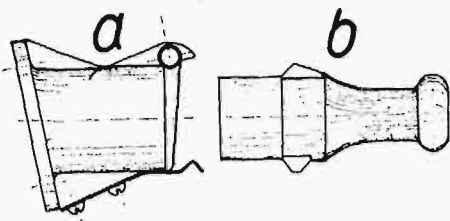
Instalacja wagonu zasilającego niczem się nie różni od poprzednio opisanego urządzenia oświetlenia indywidualnego, natomiast pozostałe wagony posiadają jedynie sieć rozdzielczą, zasilającą lampy (rys. 18). Instalacja jest tak



Rys. 18.

Schemat instalacji pół-indywidualnej. B — baterja, C — regulator, D — prądnica, E — wyłącznik główny, I — wyłącznik oświetlenia, L — lampy.

wykonana, że wzdłuż wagonu przechodzi główny kabel, który jest zarazem głównym przewodem, łączącym wszystkie wagony; przewód ten jest zaopatrzony w końcach wagonu w gniazda stykowe (rys. 19a).

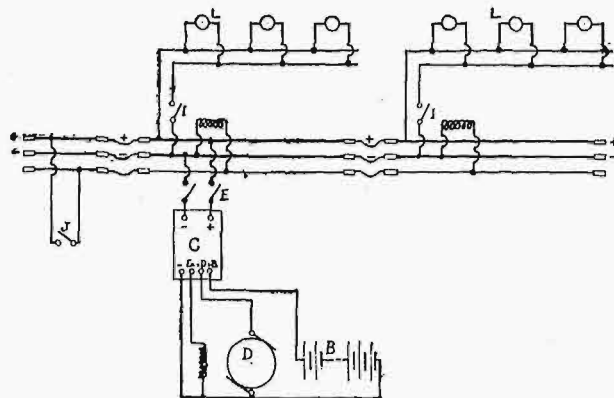


Rys. 19.

Gniazdo (a) i wtyczka (b) dla łączników międzywagonowych.

Łączniki oświetlenia (rys. 19b) muszą gwarantować samowylączenie bez uszkodzenia kabla w razie, gdyby zapomniano przy rozczepieniu wagonów zdjąć łącznik.

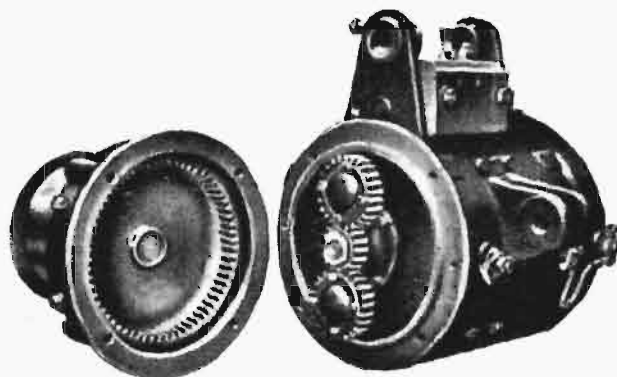
Jeżeli światło w każdym wagonie jest zapalane oddzielnie, to instalację wykonywa się według schematu, podanego na rys. 16.



Rys. 20.

Schemat instalacji pół-indywidualnej ze sterowaniem zapalania na odległość. B — baterja, C — regulator, D — prądnica, E — wyłącznik główny, I — wyłącznik automatyczny oświetlenia sterowany z odległości, I — wyłącznik sterujący, L — lampy.

Często zachodzi potrzeba, aby zapalanie światła we wszystkich wagonach odbywało się z jednego miejsca, np. z przedziału kierownika pociągu lub przedziału bagażowego, wówczas zaopatruje się wszystkie wagony w wyłączniki samoczynne, sterowane na odległość (rys. 20). Ze względu na sterowanie z odległości łączniki muszą być trójprzewodowe.



Rys. 21.

Widok prądnicy do oświetlenia pociągów podmiejskich od strony powiększacza szybkości (E. V. R.).

Moc prądnicy, zasilającej grupę wagonów, jest większa, niż w urządzeniach indywidualnych, i wynosi parę kilowatów.

Zastosowanie prądnic, napędzanych przez oś wagonu, w pociągach podmiejskich czy liniach drugorzędnych, których szybkości stosunkowo są niewielkie, a ilość przystanków duża, sprawia, że w czasie dużej części biegu pociągu szybkość prądnicy nie osiąga wartości minimalnie potrzebnych dla utrzymania z nich pełnej mocy. Wobec czego baterje akumulatorów nie zostają dostatecznie doładowywane, powodując w szybkim czasie światło niedostateczne i konieczność doładowywania na stacji postojowej wagonów.

Aby tego uniknąć, zastosowano urządzenia do zwiększania szybkości, złożone z układu kół zębnych (rys. 21), umieszczonych bezpośrednio w kadłubie samej prądnicy.

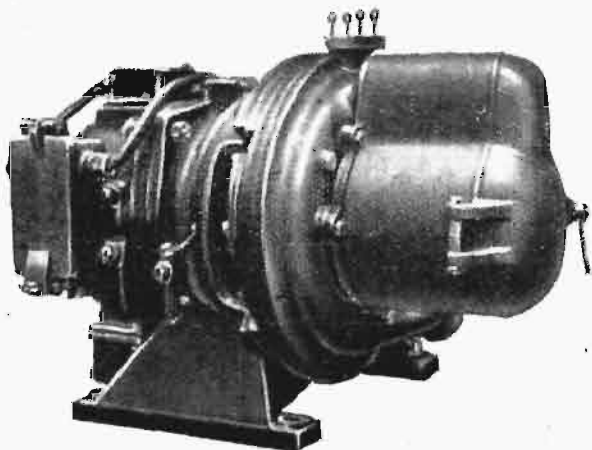
Wielkość przekładni dochodzi do 4, co pozwala na normalną pracę prądnicy już przy szybkości 6 ÷ 10 km/godz.

Oświetlenie zbiorowe.

a) Przy trakcji parowej.

Oświetlenie zbiorowe stosuje się przeważnie w pociągach podmiejskich. Energię elektryczną otrzymuje się z przetwornicy, umieszczonej w wagonie motorowym przy trakcji elektrycznej, lub zespołu turbinowego (rys. 22), ustawionego na parowozie.

Instalacje urządzeń wagonowych są takie same, jak i w wagonach bez prądnic przy oświetleniu indywidualnym. Aby nie pozbawiać podróżnych światła w chwilach manewrów parowozu, perony pociągów podmiejskich stacji krańcowych zaopatruje się w odpowiednie kontakty i transformatory, zmieniające napięcie sieci 120 V czy też 220 V na napięcie 24 V i skład pociągu jest wtedy oświetlony energią



Rys. 22.

Widok turbo-generatora (E. V. R. — 1 500 W).

elektryczną z sieci. Te same kontakty mogą służyć również do oświetlania wagonów hoteli, resaturacji z kuchnią i chłodnią elektryczną i t. p. Można stosować również baterję akumulatorów, umieszczoną w jednym z wagonów, lecz to pociąg duży koszt i kłopoty, związane z konserwacją.

b) Przy trakcji elektrycznej prądu stałego.

Przy trakcji elektrycznej prądu stałego wysokiego napięcia wagony motorowe posiadają przetwornicę dla oświetlenia pociągu, jako też i ładowania baterji akumulatorów, przyłączonej buforowo, która przedewszystkiem służy do zasilania urządzeń sterowniczych wagonu motorowego, a poza tem w razie zaniku napięcia na linii zasila część sieci oświetleniowej w wagonach osobowych.

Do oświetlenia zbiorowego stosuje się napięcie 110 V, t. j. o wiele wyższe, niż przy systemach indywidualnych.

Kwestja motor-generatora oświetleniowego, współpracującego z baterją akumulatorów, przyłączoną buforowo, na pierwszy rzut oka nie przedstawia, zdawałoby się, żadnych trudności; tak jednak nie jest.

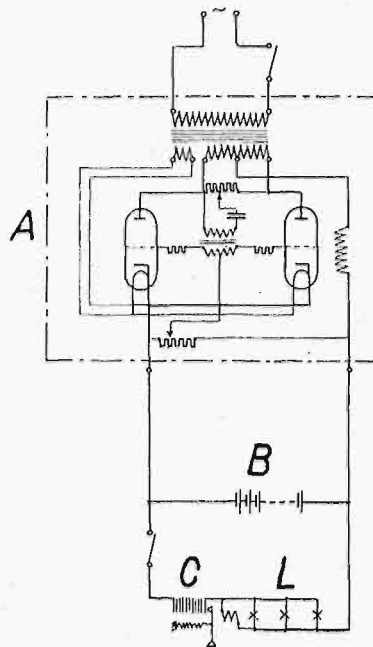
W wypadku uszkodzenia motor-generatora, zasilającego sieć lamp napięciem znamionowem 110 V, sieć obwodów sterowniczych, jak i oświetlenia, automatycznie przełącza się na baterję.

Obwody sterownicze pracują sprawnie nawet i przy 50% napięcia nominalnego, natomiast inaczej przedstawia się sprawa oświetlenia.

Jeżeli zastosujemy żarówki na napięcie znamionowe prądnic, zostaną one w tym wypadku przyłączone do baterji, której napięcie będzie niższe od nominalnego i będzie szybko dalej spadać do wartości średniej napięcia wyładowania baterji, to jest do napięcia o około 20% niższego. Tak wielka różnica napięcia odbije się bardzo na oświetleniu.

Aby tego uniknąć, stosuje się regulatory sieci lamp i żarówki na napięcie odpowiednio niższe; staje się to niezbędne, gdy lampy sygnałowe pociągu są elektryczne.

Prawie tak samo dobrze, jak oporowe regulatory sieci, pracują ogniwa oporowe, które przy normalnej pracy motor-generatora są włączone w szereg, obniżając napięcie, zaś w wypadkach jego uszkodzeń są zwierane automatycznie.



Rys. 23.

Schemat urządzenia prostownikowego dla oświetlenia wagonów. A — prostownik, B — baterja, C — regulator sieci, L — lampy.

c) Przy trakcji elektrycznej prądu zmiennego.

Stosując trakcję elektryczną prądu zmiennego, mamy dla sterowania urządzeń pomocniczych baterję akumulatorów, które ładować można z przetwornicy lub prostowników (rys. 23). Urządzenia prostownicze mogą być zastosowane we wszystkich wagonach osobowych i współpracować z urządzeniami akumulatorowemi zespolonemi lub indywidualnemi. Różnica napięć na zaciskach baterji i sieci lamp jest w tym wypadku regulowana przez opornik szeregowy sieci o analogicznej budowie, jak regulatory sieci.

Urządzenia specjalne.

Poza wagonami osobowemi w trakcji pociągów osobowych mamy wagony bagażowe i pocztowe. Wagony bagażowe pod względem urządzeń oświetlenia nie stawiają żadnych specjalnych wymagań.

Ponieważ normalne zapotrzebowanie światła w wagonie bagażowym jest małe, wagony te mają prądnice i baterję o wiele mniejsze.

Sprawa zasilania energią elektryczną wagonów pocztowych jest o wiele trudniejsza, gdyż oświetlenie w nich musi być silne i dobre i to nie tylko w czasie drogi, lecz i w czasie prac przygotowawczych (segregacji), które personel poczty zaczyna już wykonywać za dwie godziny przed odejściem pociągu.

Powoduje to konieczność stosowania baterji o dużych pojemnościach, co odbija się na kosztach. Taką baterję trzeba wymieniać na nową w okresach prawie pięcioletnich.

Baterja w takim wagonie po parogodzinnej pracy przed wyjściem w drogę jest już dobrze rozładowana, i w razie wypadku uszkodzenia napędu w drodze może spowodować niedostateczne oświetlenie, co jest zupełnie niedopuszczalne.

Aby nie ograniczać czasu korzystania z oświetlenia elektrycznego w wagonach pocztowych, zaproponowałem zaopatrzenie wagonów poza normalną instalacją oświetlenia indywidualnego w dodatkowe urządzenie, składające się z transformatora 220/24 V lub 110/24 V i specjalnego kontaktu. Transformator ten może być zasilany z sieci ogólnej.

Gniazdko kontaktowe jest tak wykonane (znormalizowane), że z chwilą przyłączenia transformatora do sieci ogólnej odłącza automatycznie zasilaną sieć żarówek od baterji prądnic i regulatora.

Stosując powyższe urządzenie, zaoszczędzamy na energii, zakumulowanej w baterji. Sposób ten pozwala na zaopatrywanie ambulansów pocztowych w baterje i urządzenia takiej samej wielkości, co i wagonów dalekobieżnych oso-

bowych; jest to bardzo wskazane ze względu na jednorodność urządzeń.

Wagony z tem dodatkowym urządzeniem już zostały wprowadzone do ruchu tytułem próby przez Dyрекcję Poczł i Telegrafów.

Ze względów na ograniczone ramy niniejszego artykułu, kwestja badań urządzeń oświetlenia wagonowego, będzie poruszona osobno.

LITERATURA.

Publikacje poszczególnych firm i dane zebrane bezpośrednio w czasie praktyk na fabrykach A. G. A. i A. S. E. A. N. I. F. E. w Szwecji, B. B. C. i E. R. A. w Polsce, E. V. R. S. A. F. T. i STONE we Francji, STONE w Anglii.

KOMUNIKACJA TRAMWAJOWA W TORUNIU.

Inż. Z. Wojciechowski.

Streszczenie. Krótki rys historyczny rozwoju linii tramwajowych. Porównanie trzech rodzajów trakcji: tramwajowej, autobusowej i trolleybusowej. Zestawienie przyczyn, dla których wybrano trakcję tramwajową. Krótka historia i opis budowy torów. Opis ważniejszych szczegółów układu i urządzenia torów na dojazdach i moście. Porównanie sum, wydanych rzeczywiście, z sumami kosztorysowymi i przyczyny tańszego wykonania.

Tramwaje toruńskie należą do jednych z najstarszych przedsiębiorstw tego rodzaju w Polsce. W roku 1891 zostały uruchomione tramwaje konne, należące do prywatnych przedsiębiorców. Po 9-ciu latach przedsiębiorcy odstępują swe prawa spółce akcyjnej, która wprowadza w roku 1900 trakcję elektryczną. Połowę akcji tego przedsiębiorstwa posiadało Miasto.

Po ustąpieniu okupantów w 1920 r., zarząd wspólny elektrowni, gazowni i tramwajów przechodzi w ręce tymczasowego zarządu likwidacyjnego, a w miesiącu lipcu roku 1926 wszystkie trzy przedsiębiorstwa przechodzą pod zarząd i we władanie Miasta.

Miasto Toruń ma 60 000 mieszkańców, bez wojska; leży na szlakach kolejowych Warszawa — Gdynia, Warszawa — Poznań, Iłowo — Piła, Toruń — Czarnowo, Toruń — Unisław, Toruń — Grudziądz — Gardeja, Toruń Lubicz — Sierpc; jest siedzibą Urzędu Wojewódzkiego, Sądu Okręgowego, od niedawna Okręgowej Dyrekcji Kolejowej, przeniesionej z Gdańska; wkrótce ma stać się siedzibą innych władz II instancji, przeniesionych z Grudziądza.

Mury forteczne, okalające jeszcze za czasów okupacji Toruń i hamujące jego rozwój, zostały rozebrane. Przedmieścia Torunia coraz bardziej zrastają się ze środkiem Miasta, tworząc jedną całość. Ruch budowlany, mimo niepomyślnych warunków doby obecnej, jest dość intensywny.

Rozpoczęta w roku 1928 budowa mostu drogowego dobiega końca; most stworzy pierwszorzędną arterję ruchu pomiędzy prawym, a lewym brzegiem Wisły; miasteczko Podgórz, leżące na lewym brzegu Wisły, przybliży się do Torunia i zespoli się z nim, być może, w przyszłości.

Pierwszą linią tramwajową powstałą w Toruniu jest linja Bydgoskie Przedmieście — Dworzec Miasto; linja ta istniała już za czasów tramwaju konnego i myśłano wówczas o przedłużeniu jej przez most kolejowy do Dworca

Przedmieście. Projekt ten nie doczekał się urzeczywistnienia.

Linja Ratusz — Dworzec Mokre została wybudowana w latach 1903 — 1905 do obecnej ulicy Kościuszki; w roku 1917 ukończono przedłużenie tej linii do Dworca Toruń Mokre.

Linję Ratusz — Chełmińska Szosa ukończono w 1907 roku do ulicy Grunwaldzkiej; w 1927 roku przedłużono ją do ulicy Wybickiego.

Jak już wspomniano, budowa mostu drogowego dobiega końca i zapewne w czasie Zjazdu Stowarzyszenia Elektryków w czerwcu r. b. most i dojazdy będą ukończone i oddane do użytku publicznego.

Każdy, kto był choć raz w Toruniu, odczuł, jak niewygodne było połączenie Dworca Toruń-Przedmieście z miastem. Wyczekiwano długo na pociąg, łączący Dworzec Przedmieście z Dworcem Miasto, lub też brano bagaż, aby przejść pieszo odległość około 800 metrów do promu parowego, dojechać do prawego brzegu, a tam znów iść piechotą do śródmieścia dalszych 500 metrów.

Gdy rozpoczęto budowę mostu, finansowaną przez Państwo i Miasto, musiało być obmyśłone i zdecydowane zagadnienie komunikacji między prawym a lewym brzegiem, między Dworcem-Przedmieście a śródmieściem. Jak zwykle stawiano żądania, aby komunikacja była szybka, tania i wygodna, aby była nowoczesna i aby zaspakajała w sposób należyty spodziewaną bardzo nierównomierną frekwencję.

Zwolennicy autobusów wysuwali wszystkie rzeczywiste dobre strony tej trakcji, a gdy ich zabrakło, operowali sztucznymi obliczeniami. Sprawa zastosowania trolleybusów była również brana pod uwagę. Kierownictwo Tramwajów Miejskich postanowiło rozstrzygnąć to zagadnienie zupełnie bezstronnie i mieć jedynie dobro Miasta i publiczności na uwadze. Przestudjowano liczne artykuły prasy zagranicznej, omawiające współzawodnictwo tych trzech rodzajów komunikacji lokalnej.

Przy powzięciu decyzji opierano się na zebranych materiałach, na własnym doświadczeniu, opartem na liczbowych wynikach w ruchu istniejących oddawna linii tramwajowych w Toruniu, oraz na bardzo starannie i rzeczowo opracowanej pracy Inż. Pawła Nastrypkę, Dyrektora Śląsko-Dąbrowskich Kolei w Katowicach, pod tytułem: „O zakresie działania poszczególnych środków komunikacji lokalnej”, przygotowanej na Ogólnokrajowy Zjazd w sprawach komunikacji miejscowej w październiku 1932 r.

Wyniki prac porównawczych i zestawień liczbowych były następujące:

koszt na 1 woz/km przy trakcji tramwajowej	— 0,775 zł.
„ „ „ „ „ „ autobusowej	— 1,600 „
„ „ „ „ „ „ trolleybusowej	— 1,020 „
dochody na 1 woz/km przy trakcji tramwajowej	} — 0,962 zł.
„ „ 1 „ „ „ „ autobusowej	
„ „ 1 „ „ „ „ „ trolleybusowej	

Liczby te otrzymano, wychodząc z założenia, że przy wszystkich rodzajach trakcji zostanie wykonana jednako-
wa liczba wozokilometrów przy jednakowej liczbie prze-
wiezionych pasażerów i jednakowej tramwajowej taryfie.
Dane liczbowe z ruchu tramwajowego w Toruniu przekona-
ły, że powyższe teoretyczne wyliczenia niedokładnie przed-
stawiają stan rzeczy. Tramwaje mogą być w każdej chwili
przystosowane do wzmożonej frekwencji przez wypuszcze-
nie przyczepki, skierowanie wozów motorowych z innych
linij i t. p. Autobusy i trolleybusy nie mogłyby nigdy spro-
stać wzmożonej frekwencji podczas ruchu niedzielnego, tar-
gowego, wycieczkowego.

Przekonania nasze w tym względzie skryształizowaliśmy
w następujących zdaniach, które znalazły uznanie sfer
decydujących.

Trakcja tramwajowa:

- 1) jest najtańsza dla masowego przewozu ludności,
- 2) jest najbezpieczniejsza i najpewniejsza tak dla pa-
sażerów, jak i dla ruchu ulicznego,

3) jest w możności przystosować się do liczby pasa-
żerów i powiększać swą pojemność przez przyczepki,

4) jest korzystna dla gospodarki miejskiej przez obo-
wiązek utrzymywania nawierzchni ulic w pasie torów,

5) jest pożądana ze względu na miejscowe warunki, a
mianowicie ze względu na większe zużycie prądu, dostar-
czanego przez Pom. Elek. Krajową „Gródek”, wskutek cze-
go Miasto uzyska tańszą taryfę. Przy projektowanym ru-
chu zużyłoby rocznie około 250 000 kWh więcej niż dotych-
czas, dzięki czemu cena prądu obniżyłaby się o 3—4%;

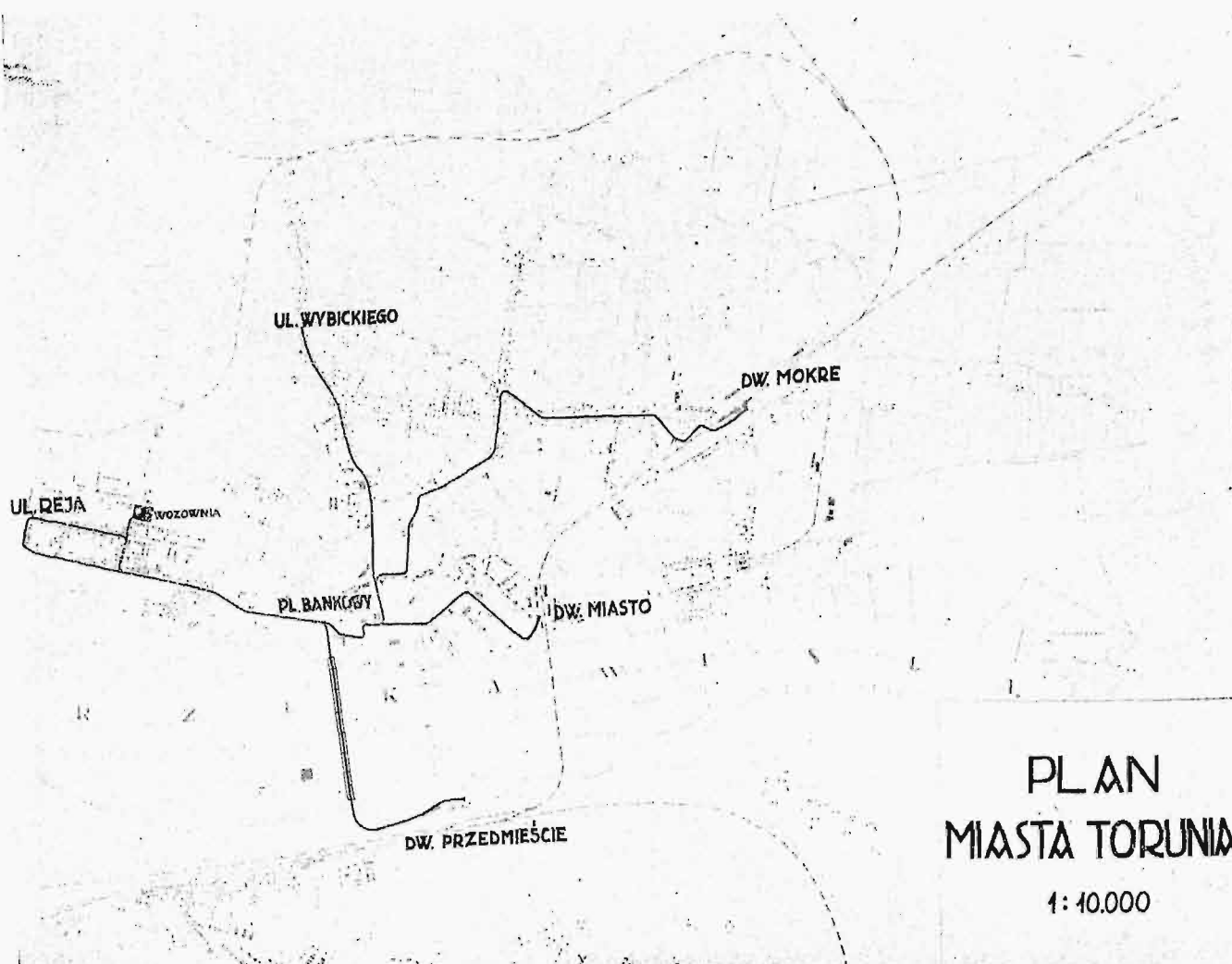
6) jest z tego powodu dobra, że nie można kraść ma-
teriału pędnego, jak to ma miejsce z benzyną i smarami
przy autobusach;

7) może być użyta tylko na liniach przeznaczonych do
tego i nie może być użyta do celów postronnych i do nadu-
żywania przez imprezy dobroczynne.

8) jest od szeregu lat prowadzona w Toruniu, ma
wszelkie urządzenia i usprawnioną administrację; należy
jedynie rozszerzyć je z chwilą uruchomienia nowej linii;

9) jest pożądana ze względów zdrowotnych, gdyż nie
zanieczyszcza powietrza gazami spalinowymi.

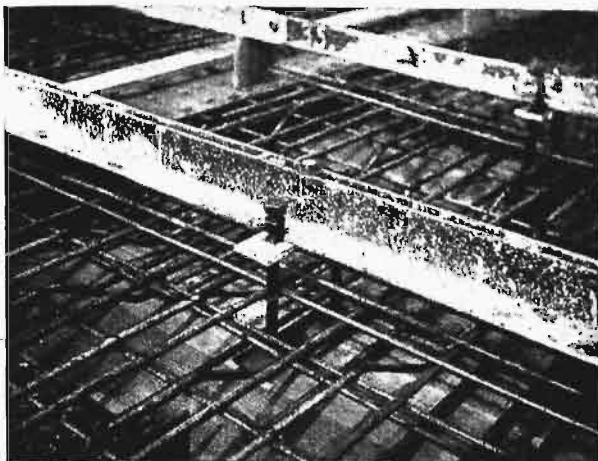
Ze względu na brak funduszy budowa mostu prze-
dłużała się. W roku 1932 zaczęto budowanie płyt żelbe-
towych jezdni, przyczem wbetonowano jednocześnie za-
kotwienia dla linii dwutorowej. W 1933 r. ukończono beto-
nowanie i wtedy można było przystąpić do układania szyn
tramwajowych.



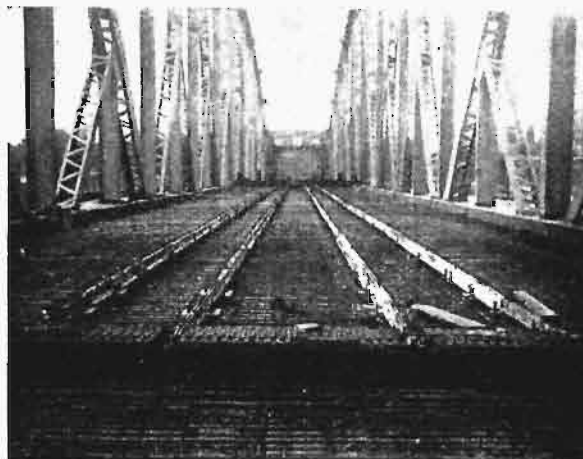
Budowę linii tramwajowej rozpoczęto w połowie lipca 1933 r. Wszelkie potrzebne materiały były dość późno zamówione, mimo to dostarczono je na czas i nieterminowe dostawy tylko w nieznacznej mierze wpłynęły na opóźnienie prac. Prace były prowadzone w takim tempie, aby nie

dzie trawą, tak jak to ma miejsce na ulicy Szopena. Zielony trawnik urozmaici jednostajny szary koloryt jezdni.

Prześwit torów tramwajów toruńskich wynosi 1 m; tory są ułożone w odległości 2,50 m, licząc między osiami torów; ponieważ szerokość tramwajów wynosi 2,10 m, pozo-



Rys. 1.



Rys. 2.

opóźnić robót przy wykonywaniu izolacji płyty betonowej. W ostatnich dniach października 1933 r. tory zostały ułożone do Dworca-Przedmieście i linja robocza prowizorycznie ułożona, aby umożliwić ruch tramwajów przy zwózce materiałów do dalszej budowy jezdni na moście i dojazdów prawego i lewego brzegu.

Dzięki nadzwyczaj przychylnemu stanowisku Ministerstwa Komunikacji, Okręgowej Dyrekcji P. K. P. w Toruniu oraz Kierownictwa Budowy Mostu, zezwolono na tymczasowe uruchomienie tramwajów na nowej linii, pomimo, że całkowite ukończenie mostu drogowego i otwarcie ruchu pieszego i kołowego jest spodziewane dopiero w czerwcu lub lipcu 1934 r.

Tramwaje przechodzą przez most zamknięte; konduktorzy otwierają je dopiero w miejscu, gdzie jezdni jest zupełnie wykończona. W pierwszym miesiącu kursowania t. j. od 22 grudnia 1933 r. do 22 stycznia 1934 r. przejechało tą linią około 40 000 pasażerów. Linja ta jest jeszcze mało znana przyjezdnym, pozatem w czasie zimowym ruch między lewym i prawym brzegiem jest nikły.

Przy Placu Bankowym wykonano prowizoryczne połączenie torów istniejącej linii tramwajowej z nowymi torami. Dalsza rozbudowa przewiduje wybudowanie dwutorowej linii, łączącej Plac Bankowy z Placem Teatralnym, i stworzenie tam węzła rozjazdowego na wszystkie przedmieścia Torunia.

Nowa linja tramwajowa ma 2,05 km długości; na toruńskiej stronie i na moście jest dwutorowa, a na stronie podgórskiej w odległości 53 m od przyczółka mostowego przechodzi w linję jednotorową, budowaną jednak tak, aby w przyszłości można było dobudować drugi tor.

Przy dworcu Toruń-Przedmieście urządzono mijankę. W przyszłości ma być rozbudowany odpowiedni dojazd do dworca i stworzony odpowiedni dziedziniec dworcowy. W projekcie jest wybudowanie pętli, umożliwiającej przejazd tramwajowych pociągów bez przetaczania.

Na toruńskim dojeździe do mostu stworzono ze względów oszczędnościowych własne torowisko (110 m długości); użyto tam szyn zwykłych, kolejowych na podkładach drewnianych, nasyconych syst. „Rüpinga”; torowisko obsiane bę-

staje więc między mijającymi się tramwajami 0,40 m. Tory rozstawiono w ten sposób po pierwsze dlatego, że na innych istniejących torach odległość ta jest zachowana, po drugie — że szerokość jezdni mostu nie jest zbyt wielka i pasy jezdni po obu stronach torów byłyby zbyt wąskie. Przy wykonanym układzie torów szerokość pasa jezdni od szyny do krawężnika wynosi 3,56 m. Ze względu na wątpliwości, wyrażone ze strony Dyrekcji Okręgowej P.K.P., w sprawie rozstawienia torów, zebraliśmy, drogą ankiety, dane z całej Polski co do odległości między mijającymi się tramwajami. Warszawa ma największą odległość — 0,85 m; w Poznaniu odległość ta wynosi 0,535 m i 0,335 m; w Łodzi i Toruniu — 0,40 m. Poparliśmy nasze stanowisko wyjątkiem z dzieła prof. R. Podolskiego, który słusznie twierdzi, że duże odległości między mijającymi się tramwajami są więcej szkodliwe, niż pożyteczne. Zresztą ulice Torunia naogół są tak wąskie, że nie pozwalają na szersze rozstawienie.

Szyn użyto typu lwowskiego o wysokości 160 mm, szerokości stopy 140 mm i szerokości żłobka 38 mm. Szyny na stykach wszędzie, gdzie tylko było można, spawano sposobem alumino-termicznym bezwkładkowym.

Na moście, rzecz prosta, nie można było spawać szyn na całej długości. Most drogowy w Toruniu ma 8 przęseł; licząc od Torunia I, VII i VIII mają długość po 78 m; II, III, IV, V i VI — po 130 m. Przęsła mostu połączono specjalnymi złączkami wydłużalnymi, skonstruowanymi dla nas specjalnie przez naszego doradcę technicznego p. Inż. Jana Zarzyckiego, asystenta Wydziału Torów Tramwajów Warszawskich. Przedstawione jest ono na rys. 6. Złącza te pozwalają na grę 150 mm przy wahanii temperatury od minus 30° C do plus 45° C. Gra ta jest zupełnie wystarczająca; teoretycznie obliczone wydłużenie toku szyn o długości 130 m wynosi w granicach powyższych temperatur 118 mm.

Przęsło 130 m nie jest jednak tak zbudowane, aby można było na całej długości ułożyć szynę spawaną. Przęsło podzielone jest na trzy części konstrukcyjne, mogące się rozszerzać pod wpływem temperatury; w dwóch więc miejscach jednego toku szyn wbudowano dodatkowe złącza wydłużalne prostszej budowy, pozwalające na grę od 20 do

30 mm. Złącza wydłużalne spojono aluminotermicznie z odpowiednio długimi odcinkami spojonych szyn.

Co 2 m szyny otrzymały zakotwienia, składające się z żelaznej płytki 10 mm z dwoma czterokątnymi otworami, w których tkwią odpowiednio ukształtowane łby sworzni.



Rys. 3.

Płytki i sworznie są zalopione w betonie pomiędzy prętami uzbrojenia (p. podane obok rysunki). Na wystające ponad beton końce sworzni nałożona została odpowiednia żabka prasowana, opierająca się jedną stopą na podkładce żeliwnej, drugą na stopie szyny; 2 naśrubki przyciskają żabkę do szyny i podkładki. W podobny sposób zostały zakotwione i złącza wydłużalne.

Aby uniemożliwić szynie pełzanie na dłuższych przęsłach, zastosowano zakotwienia przeciwpelzne, połączone z szyną nie żabkami, lecz kształtnikami, przypominającymi łubki i przyśrubowanymi do szynki szyny 3-ma śrubami. Każdy odcinek szyny między dwoma złączami wydłużalnymi jest zabezpieczony z obu stron takimi zakotwieniami.

Tak połączone, wyregulowane i odpowiednio podklino-
wane tory zostały podlane asfaltem, który ma za zadanie



Rys. 4.

stworzenie elastycznego podłoża, aby uderzenia kół nie wpływały szkodliwie na beton i aby skrócić czas późniejszych napraw. Teoretycznie liczone, że masa asfaltowa będzie 30 mm gruba, tymczasem z powodu wielkiej nierówności powierzchni betonu w niektórych miejscach mia-

ła 80 mm, w innych trzeba było beton wycinać lub podlewać specjalnym bardzo płynnym asfaltem, aby masa podeszła pod stopę szyny.

Tory na moście mają gęsto rozstawione skrzynie odwodniające: na 78-metrowych przęsłach — 3, na 130-m — 4 na każdym torze. Złącza wydłużalne mają oddzielne odwodnienia.

Toki szyn są połączone ze sobą poprzecznikami torowemi co 1,50 m i poprzecznikami międzytorowemi co 3 m.

Na przestrzeni dojazdów prawo- i lewostronnych stosowano, z wyjątkiem własnego torowiska, dotychczasowy sposób układania torów. Pod każdym tokiem szyn wykopywano rów szerokości 0,40 m, głębokości również 0,40 m, licząc od stopy szyny. W rowie tym, o pionowych ścianach, układano kamień grubołupany szeroką stroną do dna wykopu, zasypywano drobnym tłucznem, ubijano ręcznie i zamulano żwirem. Na tak utworzony podkład kamienny kładziono spawane tory szyn, zmontowywano tor i podbijano do wymaganej wysokości drobnym tłucznem.

Umocowanie zakotwień szyn, złączy wydłużalnych i odwodnień na moście było bardzo uciążliwe i dopiero po zabetonowaniu dwóch przęseł krótkich znaleziono właściwy sposób. Umocowanie złączy do drewnianej belki kwadra-



Rys. 5.

owego przekroju nie dało dobrych wyników: belka pacyła się pod wpływem wody i sworznie zakotwień schodziły z linii prostej w planie i profilu. Zastosowanie specjalnych spawanych konstrukcji z dwóch kątowników, na których wisały zakotwienia na odpowiedniej wysokości, dało dobre rezultaty; drobne uchybienia były naprawiane przy montowaniu torów.

Transporty szyn z Zakładów Ostrowieckich nadchodziły częściowo na lewy, a częściowo na prawy brzeg Wisły. Na lewym brzegu zwożono szyny kołami, układając je wzdłuż projektowanej linii; na prawym podjeżdżano brzegiem Wisły pod most i tam je składano. Na most wciągano szyny dźwigiem elektrycznym, ustawionym tam dla dostawy betonu. Wciągnięte na poziomy most szyny złożono przy przyczółku mostowym i układano prowizorycznie w pasach zakotwień,—stworzono tym sposobem tymczasowy tor, po którym przesuwano ręcznie wózek z ładunkiem 6-ciu do 8-miu szyn. Szyny te układano dalej. Transport był tym sposobem bardzo ułatwiony i nie zabrał dużo czasu. W ten sam sposób rozwiązano po całym moście wszelki materiał, potrzebny do montażu.

Ustawienie szyn na odpowiedniej wysokości sprawiało duże trudności ze względu na wspomniane już poprzednio

niedokładności betonowania. Podklinowano toki szyn klinami drewnianymi, które miano przy asfaltowaniu usuwać, wybijając jednak kliny, zniekształcano położenie szyn w planie i profilu. Wkrótce przekonano się, że wyjmowanie klinów jest rzeczą wprost niemożliwą, wobec czego zalewano je asfaltem i tak pozostawiano.

Podlewa asfaltowa miała ścianki pionowe po usunięciu piasku, tworzącego gróblę dla płynnego asfaltu. Wykonawca izolacji betonu zmusił jednak do utworzenia z betonu skarpy pod 45°, ułatwiającej kładzenie izolacji.

Cięcie szyn, obcinanie zadługich sworzni zakotwień po zmontowaniu i t. p. roboty wykonano palnikiem acetylenowym.

Kosztorys, który był opracowany na wiosnę 1931 roku, kiedy zaledwie wiadome były ceny szyn żłobkowych, a sposób ułożenia szyn na moście znany był jedynie w zarysie, opiewał na następujące sumy ogólne:

A) Dojazdy do mostu na prawym i lewym brzegu Wisły:

Materiały	210 000 zł
Transporty	10 000 „
Robocizna	22 000 „
	<u>242 000 zł</u>

B) Tory na moście drogowym:

Materiały	250 000 zł
Transporty	15 000 „
Robocizna	29 000 „
	<u>294 000 zł</u>

Suma A) + B) = 242 000 zł + 294 000 zł = 536 000 zł. Obecnie, gdy to piszę, konto budowy torów jest obciążone okrągłą sumą 414 000 zł i sędzę, że ostateczne wykończenie torów na moście i dojazdach da się wykonać bez przekroczenia sumy 450 000 zł. Tańsze wykonanie zawdzięczyć należy następującym okolicznościom:

1. Zmniejszeniu długości dwutorowej linii.
2. Niemożności wykonania narazie pętli przy Dworcu Przedmieście.
3. Uproszczeniu sposobowi połączenia nowych torów ze starymi.
4. Urządzeniu własnego torowiska na przestrzeni 110 m dwutorowej linii.
5. Potanieniu niektórych materiałów, jak na przykład miedzi.
6. Potanieniu robocizny.
7. Wyzyskaniu przez Zarząd Tramwajów Miejskich wszelkich możliwości zdobycia materiałów po tańszych cenach i energicznemu prowadzeniu robót.

Dla interesujących się sprawą budowy torów ciekawę będzie zestawienie główniejszych wydatków, tworzących sumę 414 000 zł.

1. Szyny, zwrotnice, złącza wydłużalne, zakotwienia i ich wbetonowanie . . . 300 455 zł
2. Spawanie szyn (bez robocizny) . . . 17 229 „
3. Podlewa asfaltowa (bez robocizny) . . . 11 815 „

4. Kamień (podkładowy, tłuczeń i żwir) . . . 4 534 zł
5. Roboty brukarskie . . . 3 400 „
6. Różne materiały . . . 11 063 „
7. Druć jezdny i zawieszania . . . 11 544 „
8. Skrzyżowanie z przewodami pocztowymi 950 „
9. Transporty (kolej, samochody ciężarowe) 12 975 „
10. Opracowanie projektu, starania o pozwolenia oraz przyjęcie materiałów . . . 4 897 „
11. Robocizna . . . 35 138 „

razem: 414 000 zł

Jeżeli wykończenie zupełne linii nie przekroczy sumy 450 000 zł, a nie sędzę, by przekroczyło, to koszt jednego km linii wyniesie 218 000 zł, a jeden km toru pojedynczego 140 000 zł.

Z kosztów rzeczywistych obliczyłem, że cena jednej tony szyn żłobkowych na miejscu w Toruniu wynosi 580 zł, zwrotnica wraz z transportem — 5 600 zł, jedno złącze wydłużalne duże, międzypręślowe — 665 zł, jedno złącze wydłużalne, małe — 302 zł, poprzeczki torowe, wykonane we własnych warsztatach ze sprowadzonego żelaza płaskiego — 1.95 zł, kompletne zakotwienie normalne na moście — 11,12 zł.

Na zakończenie chciałbym jeszcze wspomnieć o wprowadzeniu nowego rozkładu jazdy tramwajów z chwilą uruchomienia linii do Dworca Przedmieście.

Przedtem ruch odbywał się w ten sposób:

- na I linii Dworzec Miejski — ul. Reja kursowało 7 wozów, utrzymujących ruch 6-cio minutowy;
- na II linii Ratusz — Dworzec Mokre kursowały 3 wozy, utrzymujące ruch 15 minutowy;
- na III linii Ratusz — ul. Wybickiego kursował 1 wóz, utrzymujący ruch 20-to minutowy.

Taboru tramwajowego nie można było powiększyć. Przy uruchomieniu IV linii Plac Bankowy—Dworzec Przedmieście i zachowaniu dawnego sposobu — należałoby mieć w ruchu 7 + 3 + 1 + 2 = 13 wozów. Wprowadzie silnikowych wagonów jest 17, lecz 3 z nich są bardzo starego typu i tylko z konieczności są wypuszczane na linje. W rzeczywistości zdolnych do stałego ruchu jest więc tylko 14 wozów tramwajowych. Gdybyśmy na stałe uruchomili 13 — byłby jeden tylko zapasowy, a w czasie naprawy rocznej, półrocznej, czy też doraźnej nie byłoby żadnego wozu zapasowego. Zmieniono więc ruch w ten sposób, że:

- na I linii Dworzec Miejski — ul. Reja kursują 4 wozy przy ruchu 10 min.;
- na II linii Dworzec Mokre — ul. Reja kursują 3 wozy przy ruchu 20 min.;
- na III linii ul. Wybickiego — ul. Reja kursują 2 wozy przy ruchu 20 min.;
- na IV linii Pl. Bankowy — Dworzec Przedm. kursują 2 wozy przy ruchu 10 min.

Razem jest 11 wozów w ruchu, tak jak poprzednio; przesiadanie — tylko na Dworzec Przedmieście. Trochę rzadszy ruch na odcinkach od Ratusza do Dworca Miejskiego i od Ratusza do Dworca Mokre naogół odpowiada rzeczywistym potrzebom.