

PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY

ORGAN STOWARZYSZENIA ELEKTROTECHNIKÓW POLSKICH

pod naczelnym kierunkiem prof. M. POŻARYSKIEGO.

Rok IX.

15 Lipca 1927 r.

Zeszyt 14.

Redaktor inż. WACŁAW PAWKOWSKI.

Warszawa. Czackiego 5, tel. 90-23.

Moc silników trakcyjnych.

Inż. R. Podolski.

Jednym z najtrudniejszych zadań, jakie należy rozwiązać tak przy projektowaniu nowego przedsiębiorstwa trakcyjnego, tramwaju, kolei dojazdowej lub głównej, jak rozszerzaniu już istniejącego a również przy zaprojektowaniu nowego taboru, jest należyty obiór silników. Zbyt mocne silniki są oczywiście kosztowne, a poza tem powodują tak zbytnią swoją wagą, jak i złem wyzyskaniem, zwiększenie zużycia energii; zbyt słabe znowu zbytńio się nagrzewają, a skutkiem tego ulegają częstym przepaleniom, przebiciom izolacji i t. p. uszkodzeniom.

Nie trudno jest określić największą chwilową moc, jaką muszą rozwijać silniki na danej linii, przy danym taborze; można również dość łatwo obliczyć zużycie energii danego przedsiębiorstwa np. w przeciągu dnia, doby lub godziny, albo też pociągu na jeden przejazd; wszystko to jednak nie daje jeszcze potrzebnej mocy silników. Obciążenie silnika trakcyjnego w czasie jego pracy jest bardzo zmienne; osiągnąc swe maksimum w chwili rozruchu, spada ono szybko wraz z rosnącą prędkością, by następnie stać się równem 0 w czasie biegu z rozpędu, hamowania i postoju, dosięgnąć znowu maksimum w czasie rozruchu i t. d. Moc nowoczesnych silników trakcyjnych ograniczona jest głównie ich nagrzewaniem się, które nie może przekraczać pewnych granic; komutacja może wchodzić w grę jedynie przy bardzo znacznych przeciążeniach.

Temperatura silnika zależy nie tylko od jego obciążenia, ale i od czasu, przez jaki to obciążenie trwa, z czego wynika, że dany silnik będzie mógł wykonywać inną pracę przez czas krótki, a inną przez długi, jeszcze inną zaś stale, przez czas nieograniczony. Stąd pojęcie z jednej strony *mocy czasowej*, np. jednogodzinnej, z drugiej zaś *ciągłej* lub *stałej* i przeciążalności chwilowej. Silnik nagrzewa się skutkiem powstających w nim strat; straty te wytwarzają ciepło, które zostaje najpierw wchłonięte przez sam silnik a następnie oddawane na zewnątrz przez promieniowanie i konwekcję. Otóż straty, powstające w silniku prądu stałego, a zatem wytwarzane w nim ciepło, można w znacznym przybliżeniu uważać za proporcjonalne do kwadratu natężenia prądu. Wynika stąd, że znajomość średniego obciążenia silnika, czy też np. zużycia energii na pociągo- lub tonokilometr, pozwalające obliczyć średnie natężenie prądu, nie da pojęcia o nagrzaniu się silnika, gdyż to ostatnie zależy nie od tego średniego prądu, lecz od średniego kwadratu prądu.

Jeżeli dodamy do tego jeszcze do niedawna ściśle i jednolicie nie określone i w przepisy nie ujęte

określenia mocy silników — różne, nie tylko w różnych krajach, ale nawet przez różne wytwórnje dozwolone temperatury, podawanie różnych mocy, raz godzinnej, raz dwugodzinnej, kiedyindziej wreszcie stałej, mierzenie tej mocy już to na wale silnika, już to na obwodzie kół pędnych i t. d. — to zrozumiemy, że koniecznem było zajęcie się sprawą normalizacji silników trakcyjnych i określanie ich mocy tak przez Międzynarodową Komisję Elektrotechniczną, jak i przez Międzynarodowy Związek Tramwajów i Kolei dojazdowych.

Prace Międzynarodowej Komisji Elektrotechnicznej doprowadziły do przyjęcia na ostatnim Zjeździe w New-Yorku w lecie 1926 r. międzynarodowych norm dla dopuszczalnego nagrzewania się silników trakcyjnych, oraz ustalenia, że winna być podawana tak moc ciągła, jak i jednogodzinna, i że moc należy zawsze mierzyć na wale silnika.

W ten sposób ustalono zupełnie ściśle, co należy rozumieć jako moc silnika, i staje się możliwem porównywanie ze sobą różnych silników dowolnego pochodzenia. Sprawa jednak, obchodząca bezpośrednio przedsiębiorstwa trakcyjne, t. j. dobór silnika, odpowiedniego dla danego przedsiębiorstwa, względnie określenia, jaką pracę może wykonać w eksploatacji silnik o danej mocy, pozostaje otwartą.

Sprawę tę w łonie Międzynarodowego Związku Tramwajów i Kolei dojazdowych wszczął Związek Przedsiębiorstw Tramwajowych i Kolei dojazdowych w Polsce, zgłosiwszy na XX Kongres Związku w Barcelonie w roku 1926 odnośny referat, który został mniej powierzony. Prezydjum Związku Międzynarodowego ze swej strony sprawę rozszerzyło również i na właściwą normalizację (jak już zaznaczyłem, opracowywaną także przez Międzynarodową Komisję Elektrotechniczną), wyznaczając jako koreferenta Dyrektora Biura Badań i Kontroli Technicznej Towarzystwa Przedsiębiorstw przewozów publicznych w Paryżu, inż. J. Peridier.

Temsamem cała sprawa rozpadła się na dwie dość niezależne, ale będące ze sobą w ścisłym związku, części, a mianowicie:

1) normalizacja silników trakcyjnych, względnie ustalenie międzynarodowych przepisów dla tych silników, i

2) dobór odpowiedniego, już cechowanego silnika przez przedsiębiorstwo trakcyjne. Część pierwszą opracował inż. J. Peridier, drugą — ja.

Mój referat był już wygłoszony na Zjeździe Przedsiębiorstw Tramwajowych i Kolei dojazdowych w Polsce, odbytym w lecie 1926 r., w Warszawie a następnie ogłoszony drukiem w Sprawozdaniu z V-go Ogólnego Zgromadzenia Członków tego Związku, będą więc tu mówił o moich pracach tylko w skróceniu i łącznie z referatem inż. J. Peridier.

P. inż. J. Peridier zajął się, jak to już zaznaczono, nietyle sprawą doboru silnika, ile z jednej strony sprawą normalizacji silników trakcyjnych i związaną z nią sprawą różnych istniejących i przyszłych przepisów, z drugiej zaś dociekaniami, czy nie byłoby możliwe wynalezienie innych cech charakterystycznych silników, któreby łatwiej niż dotychczas podawane (moc, moment obrotowy, obroty i t. p.) pozwalały zdać sobie sprawę z pracy, jaką dany silnik może wykonać.

W pierwszej części swej pracy, p. Peridier roz-

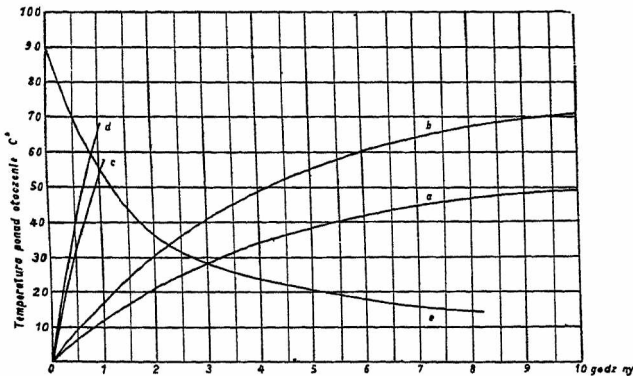


Fig. 1 Charakterystyka cieplna silnika D. 53.
Stała temperatury 4 godz.

a — 18,0 amp. fkr 54°, b — 20,4 amp fkr 78°, c — 39 amp.
d — 42,9 amp, e — chłodzenie w spokoju.

patruje przede wszystkim sprawę normalizacji silników trakcyjnych wogóle i dochodzi do wniosku, że normalizacja ta rozpada się na trzy gałęzie, a mianowicie:

1) normalizacja cech charakterystycznych, określających pracę, jaką silnik może wykonać, 2) normalizacja materiałów składowych, i 3) normalizacja wymiarów.

Trudną jest zwłaszcza normalizacja cech charakterystycznych. Wiadome jest, że moc silników ograniczona jest ich właściwościami cieplnymi, te zaś są zawsze bardzo skomplikowane, podczas kiedy cech charakterystycznych powinno być mało, doświadczalne zaś ich sprawdzenie winno być łatwe i proste. Sprawa ta więc wymaga jeszcze dalszych prac i dociekań.

Łatwiejszą i nie nasuwającą wątpliwości sprawą jest normalizacja przepisów na materiały składowe silnika (miedź, żelazo, izolacja i t. d.). Zasadniczych różnic z właściwościami materiałów dla budowy innych maszyn elektrycznych niema, normalizacja więc ta mogłaby być wspólną dla maszyn elektrycznych. Co do normalizacji wymiarów i skali mocy, to jest ona bardzo pożądana, ale musi być traktowana bardzo ostrożnie i nie może być zbyt szczegółowa, aby nie krępować postępów w budowie silników. W części II-ej omawia p. Peridier dotychczasowe prace normalizacyjne, identyfikując je (może nie zupełnie słusznie) z przepisami, wydawanymi w różnych krajach. Omówiwszy prace Związku Międzynarodowego Tramwajów i Koleji Dojazdowych (Zjazd z roku 1900 w Paryżu, 1902 w Londynie i 1906 w Medjolanie), prace podjęte w Ameryce, Niemczech, Francji, Anglii i innych krajach i wreszcie prace Międzynarodowej Komisji Elektrotechnicznej i zestawiając główne przepisy w bardzo ciekawych tablicach, autor podaje w całości jako załącznik prze-

pisy, wydane przez Związek Międzynarodowy Tramwajów i Koleji dojazdowych na zjeździe w Medjolanie w roku 1906, oraz przepisy z roku 1924, wydane przez Komitet Zjednoczenia Syndykatów Elektrycznych we Francji. W dalszym załączniku p. Peridier szczegółowo opisuje zastosowane przez tramwaje paryskie sondy termiczne i wykonane z pomocą ich pomiary. Sondy te składają się z cienkiego drucika niklowego o oporze około 100 omów, nawiniętego na armaturze z miki i zatopionego w bakelicie. Wymiary sondy są: długość 150 mm, szerokość 13 mm, grubość 1,5 mm. Do mierzenia oporu służy mostek Wheatstone'a i odpowiednio zbudowany galwanometr wraz z akumulatorem jako źródłem prądu. Sondy takie były wbudowane tak w cewkę magnesowe jako też w żłobki twornika. Mały, na osi zmontowany pierścień pozwalał mierzyć temperaturę twornika bez zatrzymywania silnika. Dla porównania wykonane zostały również pomiary temperatury przez mierzenie oporu uzwojeń; aby umożliwić te pomiary musiał być silnik zatrzymywany na 1 minutę.

Pomiary zostały wykonane na dwóch silnikach, nie przewietrzanych, z biegunami dodatkowymi Th. 523 o mocy godzinnej 40 kW przy napięciu 550 V i 465 obrotach; silnik taki waży 1250 kg.

Określono przedewszystkiem przebieg temperatury poszczególnych części silnika przy obciążeniu 88 A (460 obrotów), odpowiadającemu mocy jednogodzinnej. Po upływie godziny stwierdzono następujące temperatury:

Sposób mierzenia

	Sondy bez zatrzymania	Sondy z zatrzymaniem	Zmiana oporów z zatrzymaniem
Bieguny główne	116°	112°	99°
" zwrotne	106°	102°	88°
Twornik	78,5°	79°	79°
Powietrze wewnątrz silnika	36°	36°	36°

Wynika z tego, że krótkie zatrzymania (1 minuta), niezbędne dla dokonania pomiarów przez mie-

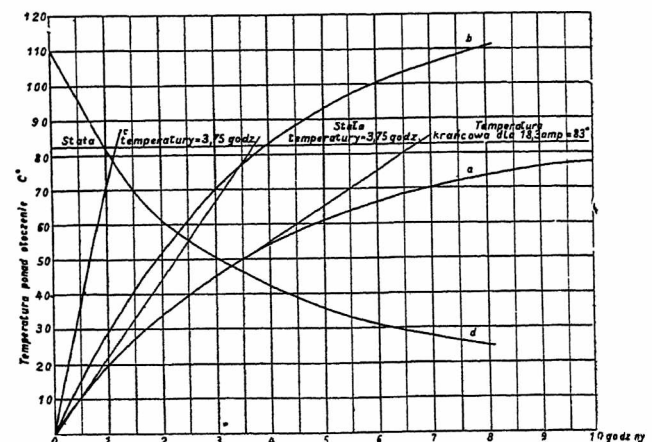


Fig. 2. Charakterystyka cieplna silnika D. 54.
a — 18,3 amp; fkr 83°, b — 24,7 amp. fkr 126°, c — 40,5 amp.
d — chłodzenie w spokoju.

zenie oporów, wpływają tylko nieznacznie na wyniki. Temperatury poszczególnych części są bardzo różne, różnice między wynikami pomiarów za pomocą sond i na podstawie zmiany oporów, znaczne, około 17%. Końcowe temperatury twornika są wprawdzie równe, przebieg ich jednak różny, przyczem przebieg mierzenia opornością zbliża się do krzywej logaryt-

micznej, przy mierzeniu zaś sondą — do linii prostej; tłumaczy się to tem, że sonda pokazuje raczej temperaturę średnią pomiędzy cewką a żelazem, gdyż jest pod silnym wpływem temperatury tego ostatniego.

Następnie starano się wyszukać takie natężenie prądu, które, działając przez czas nieograniczony, doprowadziłoby temperaturę silnika do granic znalezionych dla mocy godzinnej, czyli inaczej, określić jego moc stałą.

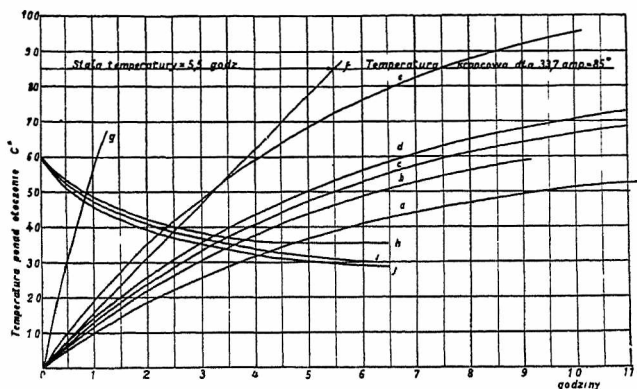


Fig. 3. Charakterystyka cieplna silnika G. T. M. 2i.
 a — 19,7 amp. fkr 61,5°; b — 22,7 amp. fkr 74°; c — 27 amp. fkr 80°; d — 33,7 amp. fkr 85°; e — 41 amp. fkr 115°; g — 64,5 amp.; h — chłodzenie przy obciążeniu 6,5 amp. i 500 obrotów; i — chłodzenie w spokoju; j — chłodzenie przy 1000 obrotów.

Po wykonaniu prób 40 i 45 amperami znaleziono, że szukana moc odpowiada około 46 amp.

Otrzymano (mierząc przy pomocy sond) następujące ustalone temperatury:

	Obciążenie 40 amp.	Obciążenie 45 amp.
Bieguny główne	87,5°	112°
" zwrotne	76,5°	111°
Twornik	87,5°	109,5°
Powietrze wewnątrz silnika	63,5°	75°

Z tablicy tej wynika, że różnice temperatur między poszczególnymi częściami silnika, tak znaczne przy pracy jednogodzinnej, znikają prawie zupełnie przy pracy ciągłej i ustaleniu się temperatury.

Co do przebiegu krzywej temperatury, to jest on prawie dokładnie logarytmiczny.

Stosunek mocy stałej do godzinnej wynosi 0,524.

Stosunek ustalonych temperatur jest bardzo zbliżony do stosunku kwadratów prądu, a mianowicie.

$$\frac{45^2}{40^2} = 1,26, \text{ przy temperaturze: biegunów } \frac{112}{87,5} = 1,28,$$

$$\text{twornika } \frac{109,5}{87,5} = 1,25.$$

Z wyników tych pomiarów p. Peridier wyciąga przedewszystkiem wniosek, że moc godzinna niema żadnego znaczenia fizycznego i nie może w żadnym razie służyć do określenia wielkości „stałej temperatury“ a co zatem idzie obliczania przebiegu krzywych nagrzewania dla różnych obciążeń. O logarytmicznym przebiegu krzywej temperatury nie może być początkowo mowy, gdyż masa silnika pochłania prawie całość wytwarzanego ciepła, krzywa więc ta przebiega raczej adiabatycznie.

Daleko lepszą już jest moc stała; temperatura staje się w znacznym stopniu równomierną, przebieg krzywej temperatury może być uważany za logaryt-

miczny, pozwala więc określić wielkość „stałej temperatury“.

Próbowanie jednak silników przy ich odbiorze na moc stałą jest bardzo trudne, pożądaną przeto jest dalsza praca w kierunku badania zjawisk cieplnych silników, która może doprowadzić do określenia jakichś innych wielkości, pozwalających łatwiej zdać sobie sprawę z możliwej pracy silnika.

W części III wreszcie rozpatruje p. Peridier szczegółowo odpowiedzi, otrzymane od 17 przedsiębiorstw na rozesłane im zapytania, dotyczące normalizacji silników, i wyciąga z nich wnioski. Wszystkie przedsiębiorstwa wypowiadają się za potrzebą normalizacji, większość jednak zaleca w tem wielką ostrożność i stopniowe tylko wprowadzanie normalizacji, aby nie krępować zbyttno konstruktorów i nie wstrzymywać postępu.

Najtrudniejszą jest sprawa stosunku pomiędzy cechami charakterystycznymi silników a maksymalną pracą, jaką one mogą wykonać.

Są tu dwie możliwości, a mianowicie: 1) zadowolnić się podawaniem takich cech charakterystycznych, które mogłyby być łatwo sprawdzone na stanku probierczym i pozwalały identyfikować, względnie porównywać ze sobą dwa silniki, nie troszcząc się o pracę, jaką mogą one w eksploatacji wykonać, lub też 2) starać się pozatem wynaleźć cechy charakterystyczne, które ograniczają pracę silnika w eksploatacji tak, aby zdać sobie z niej sprawę przy przyjmowaniu silników. Zdania tu są podzielone.

Ponieważ praca, jaką może wykonać silnik, zależna jest od jego nagrzania, przeto cała sprawa sprowadza się do pytania, czy możliwem jest określić z góry przebieg temperatury na podstawie niewielkiej liczby stałych fizycznych.

Jeżeli uważać silnik tramwajowy jako ciało jednolite, to wystarczałyby na to dwie wielkości, a mianowicie współczynnik kątowy stycznej do krzywej na-

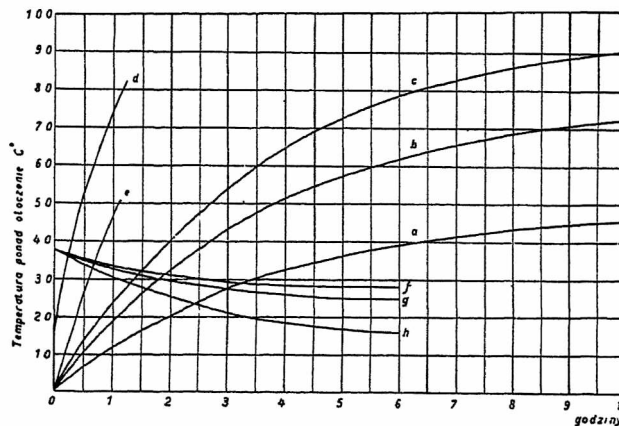


Fig. 4. Charakterystyka cieplna silnika G. T. M. 4.
 Stała temperatura 3,75 godz.

a — 25,1 amp; fkr 49°; b — 36,3 amp.; fkr 78°; c — 43,2 amp. fkr 98°; d — 66,8 amp.; e — 59 amp.; f — chłodzenie przy obciążeniu 7 amp. i 1000 obrotów; g — chłodzenie w spokoju; h — chłodzenie przy 700 obrotów.

grzewania w jej początku, określający stałą temperatury danego silnika, oraz rzędną asymptoty do tejże krzywej, która określa temperaturę krańcową i jest funkcją zdolności wydzielania ciepła przez silnik.

Aczkolwiek bezsprzecznie zachodzić powinien stosunek pomiędzy mocą godzinną i stałą a powyższymi wielkościami, to jednak nie dają się one, zdaniem

p. Peridier, bezpośrednio z nich wyprowadzić, a to dlatego, że silnik bynajmniej nie może być uważany za ciało jednolite. Krzywa temperatury przy obciążeniu jednogodzinnem silników hermetycznych zbliża się bardzo do linii prostej, mogłaby więc dawać szukany współczynnik kątowy, przy silnikach przewietrzanych jednak odchyła się już znacznie od prostej. Krzywa temperatury dla mocy stałej jest wprawdzie bardzo zbliżona do krzywej logarytmicznej, nie dość jednak, aby pozwolić na wyliczenie lub wykreślenie tak stycznej, jak i asymptoty. P. Peridier nie widzi więc na razie możliwości określenia paru takich wielkości natury cieplnej, któreby określiły dostatecznie dokładnie możliwą pracę silnika, jest jednak zdania, że dalsze badania pozwolą może wynaleźć takie wielkości.

Na zakończenie p. Peridier sformułował następujące cztery wnioski, przez zebranie jednogłośnie przyjęte.

1) Związek Międzynarodowy, podjąwszy znowu inicjatywę swą z roku 1900, będzie współdziałał czynnie przy pracach unifikacyjnych silników trakcyjnych, prowadzonych przez Międzynarodową Komisję Elektrotechniczną, i będzie w niej wyrazicielem życzeń przedsiębiorstw eksploatacyjnych.

2) W celu stworzenia łączności między Międzynarodową komisją Elektrotechniczną a eksploatantami, Międzynarodowy Związek wyłoni z pośród siebie Komisję Studiów, któraby miała jako zadanie zebranie jaknajdokładniejszych danych co do życzeń eksploatantów odnośnie normalizacji silników trakcyjnych oraz przygotowywała wnioski do złożenia Międzynarodowej Komisji Elektrotechnicznej.

3) Międzynarodowy Związek za pośrednictwem tej komisji udzieli swego wysokiego poparcia badaniom technicznym, podjętym w celu ulepszenia obecnych podstaw specyfikacji silników i zastąpienia ich wielkościami, pozwalającymi zdać sobie możliwie z góry sprawę z warunków rzeczywistej pracy silników w eksploatacji.

4) Związek Międzynarodowy, opierając się na swym autorytecie, wpłynie na czynniki międzynarodowe w celu ustalenia międzynarodowej normalizacji materiałów, stosowanych przy budowie silników trakcyjnych i przyjmie czynny udział w odnośnych pracach.

W pracy mojej wyszedłem z odmiennego założenia, a mianowicie, że sprawa normalizacji silników jest już rozstrzygnięta, że zatem przedsiębiorstwa lub inżynier projektujący wiedzą dokładnie co należy rozumieć jako moc danego silnika, pragną zaś obrać odpowiednie dla danych warunków silniki.

Do ostatnich czasów przeważnie wybierano silniki dla przedsiębiorstw tramwajowych tak, że prąd odpowiadający ich mocy godzinnej dawał na obwodzie kół pędnych największą siłę pociągową, na którą pozwala przyczepność około 0.1.

Sposób ten, czysto empiryczny i oparty na doświadczeniach pierwszych przedsiębiorstw tramwajowych i starych typach silników, mógł oczywiście dawać dobre wyniki jedynie w zupełnie normalnych warunkach; jeżeli warunki były cięższe np. teren górski, to brano silniki mocniejsze, jeżeli wyjątkowo lekkie np. teren płaski, rzadkie przystanki i t. p., to nieco słabsze. Omyłki jednak, a zatem zbyt ciężkie i drogie silniki z jednej strony, a zbyt słabe i często

przypalające się z drugiej, były bardzo częste. Dowodzi tego chociażby fakt, że temperatury silników, mierzone w eksploatacji, wahają się, stosownie do odpowiedzi 17 przedsiębiorstw, od 35 do 100 stopni.

Oczywiste jest, że moc jednogodzinną nie może dać miary pracy silnika w eksploatacji; silnik pracuje przeważnie przez 16—19 godzin, a że pozostałe 5—8 godzin nie wystarczają na zupełne jego ostygnięcie, przeto rozpoczyna pracę już z pewną nadtemperaturą i musi po krótszym lub dłuższym czasie osiągnąć temperaturę stałą, t. j. taką, kiedy ilość ciepła wytwarzanego jest równa ilości na zewnątrz oddanego. Odpowiada to mocy ciągłej, która zatem jest jedynie miarodajna. Stosunek mocy ciągłej do mocy jednogodzinnej, który dla silników dawniejszej konstrukcji wynosił około 0,25—0,3 wzrósł dla nowoczesnych silników nie przewietrzanych do 0,4—0,45 i wynosi dla silników przewietrzanych 0,7—0,8. Jeżeli więc silniki dawniejszej konstrukcji o pewnej mocy godzinnej, które okazały się dla danego przedsiębiorstwa odpowiednie, zastąpić nowymi o tej samej mocy godzinnej, to te ostatnie będą zbyt mocne. Dawna więc metoda obierania silników jest już obecnie zupełnie nieodpowiednia.

Zakładając, że straty w silniku są proporcjonalne do kwadratu prądu — co jest ze znacznym przybliżeniem słuszne — można obliczyć takie natężenie ciągłe prądu, któreby wywołało nagrzanie się silnika, równe nagrzaniu się jego, spowodowanemu działaniem prądu o zmiennym natężeniu, jakie ma miejsce w eksploatacji.

Prąd ten, można go nazwać prądem zastępczym, będzie:

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt}$$

gdzie T czas pracy,
lub też, biorąc dostatecznie krótkie odstępy czasu t

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \cdot \sum i^2 t}$$

Znając więc przebieg obciążenia zmiennego, można, obierając krótkie odstępy czasu „t”, w czasie których uważamy prąd „i” za stały, obliczyć prąd zastępczy I, który winien odpowiadać mocy stałej silnika, względnie który określi stopień nagrzania się silnika.

Obliczenie takie jest jednak zawsze bardzo żmudne i wymaga tak wyboru silnika o znanej charakterystyce, jak i znajomości dokładnego profilu, odległości przystanków, prędkości i czasu jazdy, wagi pociągów, oporów trakcji i t. d. Są to wszystko czynniki tak zmienne, zwłaszcza przy tramwajach, że zachodzi pytanie, czy takie obliczenie jest wogóle możliwe.

Dlatego też, aczkolwiek metoda prądu zastępczego jest już dawno znana i dla określenia mocy silników kolejowych stosowana, opierają się dla odbioru silników tramwajowych przeważnie na zasadzie, że prąd rozruchu winien być równy prądowi mocy jednogodzinnej.

Z drugiej jednak strony oczywiste jest, że i metoda prądu zastępczego nie może dać bez odpowiedniej korekty zadawalniających wyników. Obciążenie

nie silnika w czasie biegu pociągu jest nie tylko zmienne, ale i przerywane dłuższymi lub krótszymi okresami biegu luzem i spoczynku (na postojach), podczas których silniki stygną. Aby to uwzględnić, bierze się jako wartość czasu T we wzorze na prąd zastępczy nie sumę czasu pracy z prądem, ale cały okres czasu rozpatrywanego, a zatem cały czas jazdy włącznie z postojami. Tu powstaje od razu pierwszy błąd, a to dlatego, że krzywe temperatury silników nie są linjami prostymi, ale krzywymi, zbliżonymi do logarytmicznych, że zatem silnik stygnie w czasie danego czasu postoju lub biegu luzem nie zawsze o tę samą ilość stopni, lecz że stopień tego stygnięcia będzie zmienny w zależności od temperatury silnika.

Drugą i ważniejszą przyczyną niedokładności jest to, że próby silników na stanku probierczym dla ich cechowania nie uwzględniają chłodzącego działania biegu pociągu, że zatem silnik w eksploatacji chłodzić się będzie lepiej, niż przy próbach na stanku.

Wynika z tego, że pragnąc obrać silnik podług obliczonego lub wymierzonego prądu zastępczego, należy jeszcze wprowadzić pewien współczynnik, prawdopodobnie mniejszy od jedności, przez który należy pomnożyć obliczony lub wymierzony prąd zastępczy.

Jeżeli więc określono dla danego przedsięwzięcia prąd zastępczy np. I , to prąd mocy stałej silnika powinien być $I \alpha$.

Doświadczenia moje, próby i pomiary dążyły więc z jednej strony do określenia tego współczynnika α , z drugiej zaś do stwierdzenia, czy prąd zastępczy daje się dla tramwajów obliczyć z dostateczną dokładnością.

Przedewszystkiem więc musiałem zdobyć charakterystyki cieplne silników. W tym celu próbowałem w warsztatach tramwajów miejskich Warszawskich 4 typy silników, a mianowicie: 1) silnik f. Siemens-Schuckert typ D 54 o mocy godzinnej 20 kW, starej konstrukcji, bez biegunów zwrotnych;

2) silnik f. Siemens-Schuckert D. 53 o mocy godzinnej 21 kW z biegunami zwrotnymi, 3) silnik f. Brown et Boveri G. T. M. 21 o mocy godzinnej 30 kW, z biegunami zwrotnymi, 4) silnik G. T. M. 4 f. Brown et Boveri o mocy godzinnej 32 kW z biegunami zwrotnymi; wszystkie te silniki są hermetyczne i nie przewietrzane.

Próby odbywałem w ten sposób, że obciążając każdy silnik określonym natężeniem prądu, mierzyłem początkowo co 5 min., następnie co 10, 15 i 20 minut, a pod koniec pomiaru przy wolno już wznoszącej temperaturze co 30 minut, opory uzwojeń biegunów głównych, obliczając następnie ich temperaturę ponad otoczenie ze wzoru:

$$t = \frac{r_z - r_g}{r_z} (235 + t_0) \text{ gdzie } r_g \text{ — opór na gorąco,}$$

$$r_z \text{ — opór na zimno,}$$

$$t_0 \text{ — temperatura otoczenia}$$

Dla każdego silnika przeprowadziłem przynajmniej 3—4 próby, z których jedną prądem mocy jednogodzinnej, pozostałe prądami słabszemi, przedłużając próby albo do otrzymania temperatury około 100 stopni ponad otoczenie, albo też do jej ustalenia się, co następowało zwykle po 8—9 godzinach.

Mierzyłem jedynie oporność cewek magnesów głównych, gdyż próby pokazały (zgodnie z do-

świadczeniami p. Peridier), że bieguny główne nagrzewają się najbardziej.

Pozatem starałem się również określić krzywe chłodzenia się silników tak w spokoju, jak i w biegu luzem.

Jak to widać z wykresów rys. 1, 2, 3, i 4 krzywe nagrzewania odpowiadają z dostateczną dokładnością krzywom logarytmicznym, dla których mamy równanie:

$$T_{kr} = \frac{T}{1 - e^{-\frac{t}{T}}}$$

T_{kr} = temperatura krańcowa, t. j. ustalona.
 T = temperatura po upływie czasu t godzin.
 T = stała temperatury,
 e = podstawa nat. logarytmów.

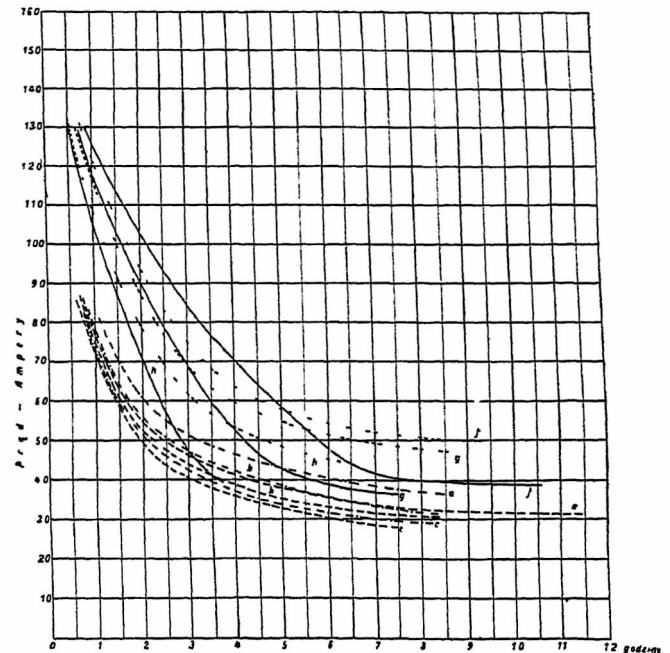


Fig. 5. Zależność czasu grzania od prądu dla silników: D. 53, D. 54, G. T. M. 2i, G. T. M. 4.

- | | |
|-----------------------|-----------------------------------|
| a — D. 54 75° C | a ₁ — D. 53 50° C |
| b — D. 54 65° C | b ₁ — D. 53 45° C |
| c — D. 64 55° C | c ₁ — D. 43 40° C |
| f — G. T. M. 2i 50° C | f ₁ — G. T. M. 4 45° C |
| g — G. T. M. 2i 40° C | g ₁ — G. T. M. 4 40° C |
| h — G. T. M. 2i 30° C | h ₁ — G. T. M. 4 35° C |

Odchylenia obserwowanych punktów od krzywe logarytmicznej nie przekraczały 2 — 3 proc. w gór lub w dół; wyniki te są zresztą znowu zupełnie zgodne z wyżej przytoczonymi wynikami pomiarów p. Peridier.

Wynika z tego, że stała temperatury T , t. j. czajakiegoby potrzebował silnik, aby osiągnąć temperaturę krańcową, gdyby nie oddawał zupełnie ciepła i zewnątrz teoretycznie zależna od ilości obrotów, je od niej praktycznie niezależna i może być uważana za rzeczywiście stałą.

Z krzywych nagrzewania daje się już łatwo otrzymać wartość stałej temperatury T już to analitycznym z wyżej wymienionego równania, już to wykreślnie jako długość odcinka na linii temperatury krańcowo zawartego pomiędzy punktami przecięcia z nią stycznej do krzywej temperatury w dowolnym jej punkcie oraz prostopadłej, wystawionej w punkcie styczności

Natomiast krzywe chłodzenia odchylają się znacznie od krzywych logarytmicznych; temperatura spada początkowo znacznie prędzej, aniżeli by to odpowiadało stałej temperatury danego silnika, następnie zaś znacznie wolniej. Da się to prawdopodobnie wytłumaczyć tem, że przy obciążeniu bieg silnika sprzyja ujednostajnieniu się temperatury poszczególnych jego części, zbliżając go temsamem do ciała jednolitego.

Otrzymano następujące wartości stałej temperatur T :

Silnik	D.53	D.54	G.T.M.2i	G.T.N.4
Stała temp. godzin	4	3,75	5,5	3,75

Charakterystyki cieplne silnika Du.531e Siemens-Schuckert o mocy godzinnej 31 kW, samowentylowanego (rys. 6), dostarczone zostały przez fabrykę. Stała temperatury wynosi tu 1,3 godziny.

Drugą serję pomiarów stanowiło wymierzenie prądów zastępczych w czasie normalnej eksploatacji. Pomiarów tych dokonałem przy pomocy wozu mierniczego, zaopatrzonego w przyrządy samopiszące iskrowe z prędkością taśmy 2 mm na sekundę; tak wielka prędkość taśmy oraz mały bezwład przyrządów iskrowych pozwala na rejestrowanie bardzo gwałtownych i szybkich zmian mierzonych wielkości, jakie mają miejsce przy normalnej jeździe. Tak otrzymane wykresy prądu pozwalają obliczyć prąd zastępczy.

Wagon mierniczny Tramwajów miejskich warszawskich zaopatrzone jest w silniki typu D. 54. Aby więc wymierzyć prąd zastępczy dla innych silników używałem wagonu mierniczego jako doczepnego, łącząc przyrządy miernicze z silnikami wagonu motorowego.

Wszystkie pomiary robiłem w dzień, w czasie normalnego ruchu, jeżdżąc pociągiem miernicznym ściśle podług rozkładu jazdy i utrzymując dokładnie normalny czas postojów na przystankach przy silnym ruchu.

Wagony były sztucznie obciążone wagą do 3 ton czyli wagą około 40—45 pasażerów.

Ponieważ wagon mierniczny jest cięższy od wagonu doczepnego, a oprócz tego współczynnik oporu trakcyjnego jest dla tego wagonu również większy, przeto pociąg mierniczny, złożony z wagonu motorowego i mierniczego jako doczepnego, pracował w warunkach gorszych, niż normalny, wobec czego niezbędnem okazało się wprowadzenie odpowiedniej korekty.

W tym celu wymierzono przedewszystkiem opory trakcyjnego pociągu mierniczego, jak i pociągu normalnego, względnie wagonu motorowego, wagonu doczepnego i wagonu mierniczego, biegnącego jako doczepny, a następnie obliczono na podstawie tych oporów trakcyjnego oraz zdjętych w warsztatach krzywych charakterystycznych silników, przebieg prądu na określonym odcinku linii dla obu pociągów; tak otrzymane wykresy prądu w zależności od czasu pozwoliły obliczyć prąd zastępczy dla obu pociągów i określić ich wzajemny stosunek. Wymierzony dla pociągu mierniczego prąd zastępczy został następnie pomnożony przez ten stosunek, przez co otrzymano prąd zastępczy dla pociągu normalnego.

Prądy zastępcze wymierzone zostały na 4 różnych liniach, przyczem linie te były tak obrane, że miały wszystkie wspólny odcinek o długości około 1700 m, pozwalający porównać ze sobą wyniki, otrzymane z różnymi silnikami.

Otrzymano następujące prądy zastępcze dla po-

ciągów normalnych (wagon motorowy i doczepny, obciążone każdy po 3000 kg.).

Linja Nr. 16 silniki D. 54 — 24,5 amp.

Linja N 16 silniki Du 531e — 30,55 amp.

* Linja N 5 silniki D 53 — 21,2 amp.

Linja N 2 silniki G. T. M. 21 — 28,1 amp.

Linja P silniki G. T. M. 4 — 29,8 amp.

Obliczenia teoretyczne prądów zastępczych, wykonane dla określenia stosunku tych prądów dla pociągu mierniczego i normalnego, pozwoliły pozatem stwierdzić, że dokładnie wykonane takie obliczenie daje wyniki dostatecznie zgodne z prądami, wymierzonymi w rzeczywistości.

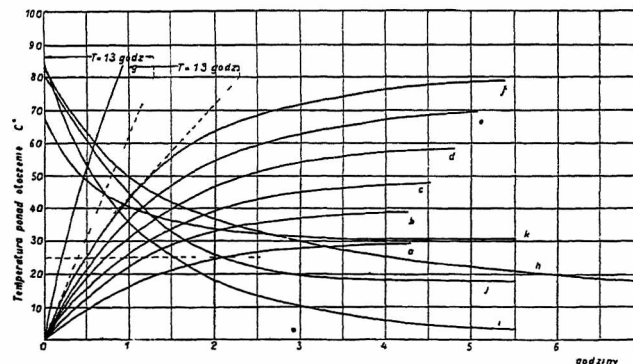


Fig. 6. Charakterystyka cieplna silnika Du. 531e.

a — 28 amp.; b — 38,5 amp.; c — 42,8 amp. fkr 50°; d — 46,6 amp. fkr 60°; e — 50,5 amp. fkr 70°; f — 54 amp. fkr 80°; h — chłodzenie w spokoju; i — chłodzenie przy 500 obrotów; j — chłodzenie przy obciążeniu 30 amp. i 550 V.; k — chłodzenie przy obciążeniu 40 amp. i 550 V.

Różnice nie przekraczają 2—3 proc., dosięgając jedynie 10 proc. dla linii zamiejskich, gdzie bieg z rozpędu gra większą rolę, nieprzewidziane zaś przeszkody utrudniają w rzeczywistości wyzyskania tego biegu, prąd więc wymierzony musi być większy od obliczonego.

Trzecią wreszcie serję pomiarów stanowiło wymierzenie temperatur, jakie osiągały silniki w eksploatacji.

W tym celu uruchomiono po 4 wagony motorowe na linję zaopatrzone w ten sam typ silników, dla jakiego mierzono prąd zastępczy na danej linii i mierzono, przy pomocy pomiaru oporności, temperatury silników przy zejściu tych wagonów do wozowni. Ponieważ w ten sposób otrzymywano każdorazowo temperaturę 8 silników każdego typu, przeto można średnią tych temperatur uważać za średnią temperaturę silników na danej linii.

Jeżeli w dowolnej wysokości, odpowiadającej na wykresach cieplnych silników rys. 1—4 przeprowadzić linję poziomą, to linja ta przecina krzywe temperatur wymierzonych dla różnych natężeń prądu w punktach, określających, po jakim czasie silnik obciążony danym prądem osiągnie obraną temperaturę. Wyniki, wniesione w nowy wykres, rys. 5 i 7, w którym czas stanowi rzędną, a prąd odcięta, pozwalają określić krzywe, wskazujące, jakie natężenie prądu jest konieczne, aby silnik nagrzać do danej temperatury w przeciągu określonego czasu.

Zrównanie wykresu temperatury

$$T_{kr} = \frac{T}{1 - e^{-T}}$$

wynika, że czas t godzin, po upływie którego prąd I amp., nagrzewający silnik do temperatury krańcowej T_{kr} , nagrzeje go do temperatury T stopni, wynosi.

$$t = \frac{\log\left(\frac{1}{1 - \frac{T}{T_{kr}}}\right)}{\log 2,718} \cdot T$$

Znając wartość stałej temperatury T dla każdego silnika i wstawiając wartości T , odpowiadające krzywym wykresów N. 5 i 7, można na podstawie tego równania obliczyć wartości „ t ”, a przy ich pomocy odczytać na wykresach odpowiadające im wartości prądu I .

Dla każdego silnika wykreślono dla lepszej kontroli po trzy krzywe (rys. 5 i 7) dla różnych temperatur.

Dla silników np. D. 54 otrzymano średnią temperaturę przy zejściu do wozowni $T_{kr} = 69$ stopni ponad otoczenie.

Obliczając więc krzywą dla 65 stopni, rys. 5, otrzymamy

$$I = \frac{\log\left(\frac{1}{1 - \frac{65}{69}}\right)}{\log 2,718} \times 3,75 = 10,7 \text{ godzin}$$

czemu odpowiada na wykresie 5 prąd = 15 amp.

Dla krzywej 55 stopni otrzymuje się

$$I = \frac{\log\left(\frac{1}{1 - \frac{55}{69}}\right)}{\log 2,718} \cdot 3,75 = 7,8 \text{ godzin, oraz } I = 14,9 \text{ amp.}$$

a zatem dostatecznie zgodnie z pierwszą wartością.

Widzimy więc, że prąd o natężeniu 14,95 amp. wywołuje na stanku probierczym takie nagrzanie, jak wymierzony prąd zastępczy na linii = 24,5 amp. Wartość przeto współczynnika α wynosi

$$\alpha = \frac{14,96}{24,5} = 0,61$$

Jeżeli zamiast średniej temperatury dla 8 silników, wziąć pod uwagę największą wymierzoną temperaturę, która wynosiła 78 stopni ponad otoczenie, to otrzymuje się prąd 17,3 amp. i współczynnik

$$\alpha = \frac{17,3}{24,5} = 0,708$$

Różnice te są zupełnie zrozumiałe, gdyż oczywiste jest, że 4 wzięte pod uwagę pociągi nie mogły pracować w zupełnie identycznych warunkach i cięższej pracy odpowiadać będzie większy prąd.

Licząc, w ten sam sposób, otrzymuje się dla pozostałych typów badanych silników:

Silniki D. 53 współczynnik — 0,82 i 0,90

Silniki G. T. M. 2i współczynnik — 0,67 i 0,70

Silniki G. T. M. 4 współczynnik — 0,670 i 0,810.

Dla silników przewietrzanych Du 531e otrzymano na linii N 16 współczynnik = 1,0, a na linii N 2 — 0,95.

Zachodzi jeszcze pytanie, czy dopuszczalne jest przyjęcie temperatury silników przy ich zejściu do

wozowni za najwyższe w czasie pracy, czy też temperatura silników bywa chwilowo od niej wyższą.

Temperatura silników w czasie ruchu jest również niestała i zmienna jak obciążenie. W czasie rozruchu, kiedy prąd osiąga maksymalną swą wartość, temperatura wzrasta szybko, potem w miarę zmniejszania się prądu — wolniej, by następnie zmniejszać się w czasie jazdy z rozpędu i postoju. Dla każdego więc przejazdu pomiędzy dwoma przystankami otrzymuje się zawsze najpierw pewne maksimum, a na-

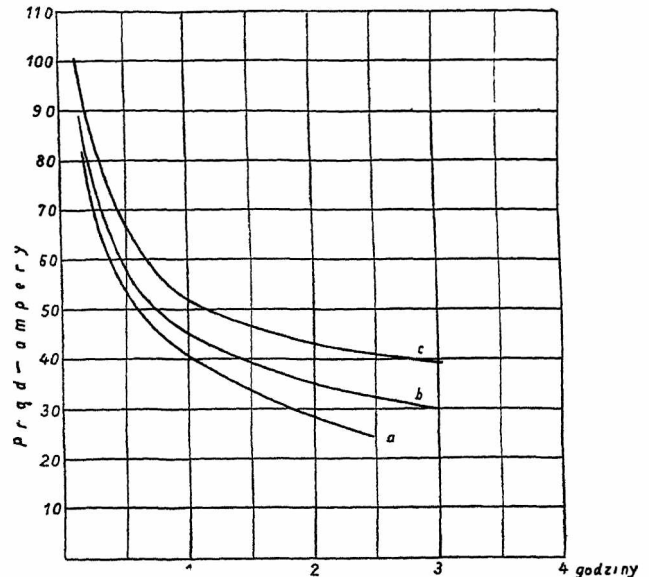


Fig. 7. Charakterystyka cieplna silnika Du 513e.
a — 25°; b — 30°, c — 40°.

stępnie minimum temperatury. Różnice pomiędzy maksimum i minimum będą tym większe, im mniejszą jest stała temperatury silnika, będą zatem większe dla silników przewietrzanych, niż dla zamkniętych.

Temperatury każdego kolejnego maksimum i minimum będą zawsze wyższe, niż poprzedniego, tak długo, aż nastąpi równowaga; różnic między maksimumami i minimumami maleją, aż wreszcie silnik po każdym minimum powraca do poprzedniego maksimum (oczywiście, o ile warunki pracy nie uległy zmianie). Jeżeli po takim osiągnięciu równowagi rozpatrzymy nie tylko przebieg pomiędzy dwoma przystankami, lecz cały kurs pociągu, to temperatura, zmierzona w dowolnym punkcie kursu, np. na stacji krańcowej, będzie po każdym kursie tą samą; oznacza to, że silnik osiągnął temperaturę stałą, która się już nie zmieni, o ile nie ulegną zmianie warunki ruchu.

Ważną jest jednak nie ta stała temperatura w którymkolwiek punkcie linii, lecz właśnie owe maksyma chwilowe, jakie ona może osiągnąć. Należy sobie przeto zdać sprawę z tego, jakimi one być mogą.

Otóż z góry można przewidzieć, że różnice między maksimumami i minimumami będą dla przedsiębiorstw o charakterze tramwajowym — liczne przystanki praca na terenach niezbyt górzystych — znikomo małe, praktycznie zupełnie bez znaczenia. Przedstawimy sobie np. linię taką, że odległość między dwoma przystankami pociąg przebywa w dwie minuty. Rozruch trwa w tych warunkach 20—25 sek. przyczer silniki np. G. T. M. 4 pobierają średnio około 52 amp Wykres N 4 wykazuje, że prąd 59 amp., działając

bez przerwy przez 8 minut, podniósłby temperaturę silnika z 40 na 45 stopni, w przeciagu więc 25 sek. temperatura nie może podnieść się więcej, niż o 0,26 st. Jeżeliby dalej silnik pobierał przez 1 minutę 35 amp., to temperatura jego wzrosłaby o dalszych około 0,15 st. (prąd 36,3 amp. podnosi temperaturę z 40 na 45 st. w 32 minuty).

W czasie biegu z rozpędu i postoju, trwającym ogółem około 40 sek. temperatura spadłaby o około 0,08 st. (45 st. — 40 st. w 44 minuty) i t. d.

Dla silnika przewietrzanego Du 531e otrzymuje się w tych samych warunkach wykres N 7.

Rozruch 25 sek. + 0,25 st. (30 — 35 st. prąd 54 amp., 8,4 min.), bieg minutę z prądem 40 amp. + 0,23 st. (42,8 amp. podnosi temperaturę z 30 st. na 35 st. w 21,6 min.), wreszcie bieg z rozpędu i postój 40 sek. 0,3 st., (35 — 30 st. w 11 min.).

Przedstawmy sobie wreszcie cały kurs, trwający 1,5 godzin z postojem krańcowym 10 min. Z wykresu N 6, krzywa stygnięcia w spokoju, widzimy, że silnik, mający temperaturę 60 st. stygnie przez te 10 minut o 2,5 st., temperatura więc w czasie następnego kursu nie będzie mogła wzrosnąć więcej, niż o owe 2,5 stopni.

Dla linii więc o charakterze tramwajowym, z gęstymi przystankami, można, dla terenów niezbyt górzystych, mierzyć temperaturę w dowolnym punkcie linii, np. na stacji krańcowej, dla silników hermetycznych po 8—10 godzinach, a dla przewietrzanych nawet po 4—5 godzinach i uważać tę temperaturę praktycznie za temperaturę maksymalną i ustaloną. Oczywiście nie odnosi się to do linii o znacznej odległości między przystankami ani też do linii wybitnie górzystych, ale i tam można będzie zawsze z łatwością określić punkt najwyższej temperatury.

Aby rozumowanie to sprawdzić, mierzono temperatury silników nie tylko przy zejściu wagonów do wozowni, ale i w czasie dnia po każdym kursie oraz kilka razy w czasie każdego kursu, a dla silników przewietrzanych nawet w sposób ciągły przy pomocy samopiszących przyrządów. Wyniki otrzymano zupełnie z rozumowaniem zgodne, t. j. ciągły wzrost temperatury aż do jej ustalenia, a następnie praktycznie zupełnie stałą temperaturę (różnice o 1—2° nie dają się przy tego rodzaju pomiarach dostatecznie pewnie ustalić).

Referat swój zakończyłem następującymi wnioskami:

1) Średni kwadrat prądów, czyli prąd zastępczy, daje się obliczyć teoretycznie, z dostateczną praktycznie dokładnością, jeżeli posiadamy charakterystykę silników. Różnice między prądem obliczonym, a wymierzonym nie przekraczają 2—3% przy przystankach gęstych, lecz mogą być większe przy przystankach rzadszych tam, gdzie nieprzewidziane przeszkody mogą utrudniać wyzyskanie biegu z rozpędu.

2) Prądy zastępcze dla różnych typów motorów, obliczone dla tego samego odcinka, różnią się nieznacznie, o ile jeden z obranych typów nie jest zbyt słaby; w tym wypadku różnice mogą dochodzić do 20% (np. D. 54 przeciążony i D. 53), moc zaś porównanych typów nie różni się więcej, niż + 25%.

3) Trudno ustalić związek pomiędzy prądem zastępczym a średnim prądem na wagon. Ten ostatni odnosi się do całego wagonu, pierwszy — do jednego silnika: średni prąd na silnik nie będzie połową śred-

niego prądu na wagon, a prąd zastępczy na wagon nie jest dwa razy większy, niż na silnik, a to dlatego, że prąd na silnik równy jest prądowi na wagon przy połączeniu szeregowym, ale jego połowie przy połączeniu równoległym. Dla terenu płaskiego prąd zastępczy zdaje się być bardzo bliski do prądu średniego na wagon (około 10% większy), dla górzystego jednak (np. Lwów) — znacznie od niego większym (30%).

4) Wielkość prądu zastępczego jest zależna w znacznym stopniu od ilości przystanków; prąd zastępczy jest tem większy, im gęstsze są przystanki. Wzniesienia, górzyste położenie linii wpływa mniej na jego wielkość. Zależność między prądem zastępczym, a zużyciem energii jest nadzwyczaj zmienna i ustalić się nie da.

5) Określenie mocy motorów wielkością prądu ruszania, a zatem moc jednogodzinna, jest zupełnie nie celowe: motory w normalnych przerwach ruchu, 5—8 godzin, nie stygną i zaczynają swoją pracę już z dość znaczną nadtemperaturą.

6) Prąd zastępczy wymierzony na linii wywołuje w silnikach, próbowanych na stanku probierczym, nagrzanie do temperatury wyższej, aniżeli ta, którą motory osiągają w czasie ruchu. Prąd, któryby na stanku wywołał to samo nagrzanie, jest mniejszy o 10—30%. Stosunek tych prądów wynosi dla silników nie wentylowanych 0,7 do 0,9, wentylowanych zaś około 1,00.

7) Jeżeli obliczenie prądów zastępczych zrobione jest, jak to zwykle bywa, dla pełnego obciążenia wagonów, t. j. dla warunków niekorzystnych, to należy brać współczynnik, odnoszący się nie do średnich, lecz do maksymalnych temperatur, a zatem dla silników nie wentylowanych 0,7 — 0,9; dla warunków średnich wynosi ten współczynnik 0,6 — 0,8. Współczynnik jest naogół tem mniejszy, im dla danych warunków silniejszy jest motor, im większy stosunek prędkości maksymalnej do handlowej i międzyprzystankowej. Wyjątek stanowią tu znowu silniki przeciążone, np. D. 54. Działanie chłodzące biegu wagonu działa tem silniej, im wyższa jest temperatura motoru, przy wysokim zatem nagrzanu, a co zatem idzie przeciążonym silniku, współczynnik musi wypaść anormalnie mały.

8) Obliczywszy lub wymierzywszy prąd zastępczy dla danych warunków, otrzyma się moc stałą, jaką winien mieć silnik hermetyczny, mnożąc ten prąd przez 0,7 — 0,9 w zależności od warunków eksploatacyjnych i wielkości silników, średnio więc dla pierwszych obliczeń przez 0,8. Dla silników wentylowanych można uważać obliczony lub wymierzony prąd zastępczy za prąd mocy stałej.

9) Moc silników wentylowanych, obliczona jak wyżej ze względu na ich nagrzewanie się, może się okazać niewystarczającą dla przeciążeń. W Warszawie, gdzie prąd rozruchu nie przekracza 80 amp., byłoby silniki wentylowane o mocy stałej $30,55 \times 550$

$$= 16,58 \sim 17 \text{ kW i godzinnej } \frac{17}{0,7} = 24 \text{ kW} \text{ zupełnie}$$

wystarczające, gdyż przekroczenia nie przewyższałyby $\frac{80 \cdot 550}{24000} = 1,83$ razy mocy godzinnej i 2,6 razy mocy stałej.

We Lwowie jednak, gdzie prąd ruszania osiąga 110 amp. przy 500 voltach, otrzymanoby ze względu

na nagrzewanie się silniki omoty stałej 16 kW, przy czym przeciążenie wyniosłoby 2,4 razy moc godzinową względnie 3,42 razy moc stałą, co mogłoby już być niedopuszczalne.

10) Mylny obiór współczynnika, nawet np. o 10% wpływa znacznie mniej na nagrzanie się silnika. Jeżeli np. dla silników G. T. M. 21, obliczonych dla współczynnika 0,7, okazało się, że współczynnik ten wynosi 0,77, a zatem prąd nie 21 amp., lecz 23 amp., to z krzywych rys. 5 wynika, że prąd ten nagrzałby silnik do 40° w 4,57 godziny. Wstawiając tę wartość w równanie

$$T_{kr} = \frac{T}{1 - e^{-T}}$$

otrzymamy zamiast 68°, wartość krańcowej temperatury 72°, czyli większą o tylko 6%.

Tak samo dla D. 53 prąd nie 19,1 a 21 amp. nagrzałby silnik nie do 75°, lecz do 80°, czyli o 6,5% więcej.

Silnik asynchroniczny synchronizowany.

Inż. A. Zajdenman.

Najbardziej rozpowszechnionym silnikiem prądu zmiennego jest dziś silnik indukcyjny, zwany również asynchronicznym, trójfazowy. Zalety jego to: prosta budowa, zdolność przeciążenia z miejsca przy dowolnym obciążeniu, możliwość przeciążenia do wysokości, przewyższającej 1,5, 2, a nawet i więcej razy obciążenie normalne w ciągu określonego czasu, oraz łatwa, niewymagająca przygotowania fachowego obsługa.

Ale prócz zalet są i wady: trudność regulowania szybkości i mały $\cos \varphi$, rzadko kiedy przekraczający 0,93 przy pełnym obciążeniu, najczęściej jednak mniejszy od 0,90, a przy biegu luzem spadający poniżej 0,50. Małe silniki dają $\cos \varphi$ jeszcze gorszy. Do wytworzenia bowiem pola magnetycznego silnik indukcyjny pobiera z linii prąd magnesujący, (zwany również jałowym), którego zużycie nie odpowiada pracy wykonanej, gdyż energia, pobrana przez silnik w pierwszej połowie okresu, jest przezeń zwrócona w drugiej połowie. Ale w przewodnikach prąd jałowy dodaje się do prądu czynnego i im więcej jest prądu jałowego, tem większe jest zużycie energii, i tem większy musi być przekrój przewodnika. Prócz tego, im mniejszy jest $\cos \varphi$ tem silniejszy musi być, jak wiadomo, prąd wzbudzący generatora, a co zatem idzie, tem gorszy jest jego współczynnik sprawności. Moc generatora również zmniejsza się w miarę zmniejszania się $\cos \varphi$ przy $\cos \varphi = 0,5$ wynosi ona najwyżej połowę tego, co przy $\cos \varphi = 1$.

W miarę wzrostu ilości odbiorów prądu i rozciągłości przewodników wzrastają również straty elektrowni, wynikające ze niskiego współczynnika mocy ($\cos \varphi$). A ponieważ ostatnio transmisje mechaniczne coraz częściej są zastępowane przez drobne silniki elektryczne, poruszające jedną maszyną lub grupę maszyn (małe silniki zaś posiadają $\cos \varphi$ szczególnie słaby), więc też niektóre elektrownie postanowiły obciążać odbiorców prądu kosztami strat, nakładając kary za mały $\cos \varphi$ instalacji. Odbywa się to w ten sposób, że specjalnie w tym celu urządzony licznik wykazuje nie moc $t \sqrt{3} EI \cos \varphi$, odpowiadającą pracy silnika, lecz moc $t \sqrt{3} EI \sin \varphi$, odpowiadającą prądowi magnesującemu. Rys. 1 podaje układ połączeń licznika: cewka prądu włączona jest w jeden z trzech przewodów, a cewka napięcia — między dwa pozostałe. Prąd w cewce prądu jest

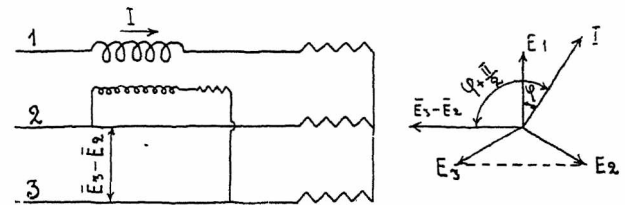
więc opóźniony o kąt $\varphi + \frac{\pi}{2}$ w stosunku do prądu w cewce na-

napięciowej a licznik wykazuje $t \sqrt{3} EI \cos \left(\frac{\pi}{2} \right) = t \sqrt{3} EI \sin \varphi$

Sposób pobierania opłat za energję bezmocną (lub za zły $\cos \varphi$ który łatwo obliczyć, dzieląc wskazania jednego z liczników przez wskazanie drugiego licznika, co daje nam $\tan \varphi$) nie jest jeszcze ujednostajniony. Elektrownie paryskie pobierają za energję tę opłatę w stosunku $\frac{1}{3}$ opłat za tę samą ilość energii watomowej.

Aby opłat tych uniknąć, lub też by nie narażać się na straty wyżej podane, gdy chodzi o fabryki, posiadające własną elektrownię, należy poprawić współczynnik mocy. Można to uczynić przy pomocy silnika synchronicznego, włączonego równolegle z silnikami asynchronicznymi. Zwiększając natężenie w obwodzie wzbudzającym silnika synchronicznego, możemy sprawić, że silnik, nie przestając pobierać prądu czynnego, staje się generatorem prądu jałowego, potrzebnego dla silników asynchronicznych, a prąd całkowity przezeń odbierany wyprzedza napięcie o kąt φ_s (rys. 2). Przez odpowiednie uregulowanie prądu wzbudzającego możemy uzyskać kąt φ_s taki, że wypadkowa I będzie skierowana wzdłuż E, lub też będzie tworzyła z E kąt φ , bardzo mały.

Należy, oczywiście, liczyć się z nasyceniem biegunów, które nie pozwala uzyskać kąta φ_s zbyt dużego nawet przy silnym prądzie wzbudzającym. Zaletę silnika synchronicznego:



Rys. 1.

jego dobry współczynnik mocy i poprawa współczynnika mocy całej instalacji, równoważy, niestety, trudność użycia go do pędzenia maszyn, gdyż może on być puszczony w ruch tylko przy znikomo słabym obciążeniu i dopiero z chwilą uzyskania szybkości synchronicznej można dać mu obciążenie normalne.

Inżynier naczelny Compagnie Générale Electricque de Nancy, Le Monnier, połączył w silniku asynchronicznym synchronizowanym zalety obu typów maszyn: łatwy rozruch przy pełnym obciążeniu, dobry $\cos \varphi$ i możliwość poprawy współczynnika mocy sieci.

Stojan silnika Le Monnier jest to zwykły stojan maszyny prądu zmiennego; przy napięciach umiarkowanych używa się uzwojeń typu szeregowego, zwanych również falistemi, przy wysokich napięciach stosuje się uzwojenia o fazach oddzielonych.

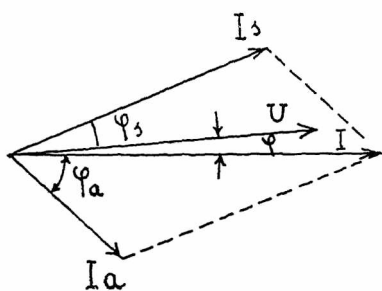
Wirnik jest taki, jak w silnikach asynchronicznych; uzwojenie typu falistego. Szczelina jest mniejsza, niż w maszynach synchronicznych, większa jednak, niż w asynchronicznych.

Przy rozruchu jest to zwykły silnik asynchroniczny; trzy fazy wirnika zamknięte są przez opory rozrusznika, które stopniowo doprowadzamy do zwarcia. W pełnym biegu wirnik silnika otrzymuje z prądnicy, osadzonej na wspólnym wale, prąd stały, silnik „zaczepia się” i jest od tej chwili silnikiem synchronicznym.

Jak przejść od wirnika trójfazowego do magnesnicy maszyny synchronicznej, wyjaśnia rys. 3, na którym mamy przedstawione schematycznie uzwojenie wirnika dwubiegunowego. Aby uczynić zeń magnesnicę, wystarcza zewrzeć zwoje fazy 1—4 i przepuścić prąd stały przez uzwojenia pozostałych faz, połączonych szeregowo, tak jak to wskazują strzałki na rysunku. W części 6—2 wirnika prąd stały wytworzy naprzykład bie-

gun dodatni, a w części 3—5 biegun ujemny. Łuk 5—6 nie jest zasilany przez prąd stały, należy bowiem do fazy zwartej krótko; w części zaś 2—3, wspólnej dla obu faz czynnych, działanie prądów wzbudających, mających w obu fazach zwroty przeciwnie, wzajemnie znosi się. Części wirnika 6—2 i 3—5 stają się więc biegunami magnetycznymi, a 2—3 i 5—6 odpowiadają przestrzeni międzybiegunowej.

Przejście od funkcjonowania asynchronicznego do synchronicznego odbywa się stopniowo. Na rys. 4a rozpoczyna się rozruch silnika asynchronicznego, na 4b opory rozrusznika są wyeliminowane, a fazy wirnika krótko zwarte i silnik pracuje w biegu asynchronicznym. Na rys. 4c łączymy wirnik ze źródłem prądu stałego, który oczywiście przy tym stanie połączeń przez wirnik nie przechodzi, lecz obiera drogę najmniejszego oporu, jaką jest k-l-m. Aby uniknąć zwarcia w obwodzie prądu stałego, mamy w nim opory Re. Rys. 4d, na którym rozrusznik jest otwarty, a prąd stały przepływa przez dwie fazy wirnika, odpowiada przejściu do biegu synchronicznego. Ostatni etap po-



Rys. 2.

lega na wyeliminowaniu oporów Re i na zwarceniu nieczynnej fazy. Schemat rozrusznika, przy pomocy którego wykonyujemy rozruch silnika i przejście do biegu synchronicznego, daje rys. 5.

Rys. 6 przedstawia, podobnie jak rys. 4, poszczególne pozycje przejściowe, lecz w zastosowaniu do dużego silnika (500 kW), pędzącego prądnicę prądu stałego w elektrowni jednej z hut żelaznych zagłębia Briey w Lotaryngji, rozruch odbywa się tu tylko na dwóch fazach, przy pomocy rozrusznika typu nastawnicy (rys. 7).

Praca silnika asynchronicznego synchronizowanego. — Każdy silnik synchroniczny lub synchronizowany może być generatorem prądu jałowego, nie przestając jednocześnie pracować jako silnik. Im mniejsze jest obciążenie silnika, tem więcej może on dać prądu jałowego, tem większy jest kąt φ między wektorami prądu i napięcia, z których pierwszy wyprzedza tym razem drugi wektor. Rys. 8 daje nam krzywe $\cos \varphi$ i sprawności, prądu i szybkości w funkcji momentu przenoszonego przez wał maszyny przy szybkości 1000 obr/m. Krzywa I pokazuje, jak zmienia się $\cos \varphi$ w miarę wzrostu obciążenia, jak zmienia się zatem zdolność poprawy współczynnika mocy instalacji.

Silnik asynchroniczny synchronizowany posiada mniejszy moment maksymalny, niż zwykły silnik synchroniczny. Pochodzi to stąd, że szczelina jego jest mniejsza, a amperozwoje magnetyczny słabsze, niż w silnikach synchronicznych. W silnikach Le Monnier moment maksymalny wynosi 1,5 momentu normalnego (zgodnie z przepisami francuskimi). Lecz — i to jest wielką zaletą silnika Le Monnier — skoro obciążenie przekroczy tę granicę, silnik nie przestaje pracować, a tylko bieg jego staje się asynchroniczny. Współczynnik stateczności, t. j. stosunek momentu maksymalnego do momentu normalnego tej samej maszyny, ale pracującej jak silnik asynchroniczny jest znacznie większy, niż 1,5 i dochodzi nawet do 6.

Wirnik silnika, który z biegu synchronicznego przeszedł do asynchronicznego, posiada tylko dwie fazy: jedną jest faza nie-

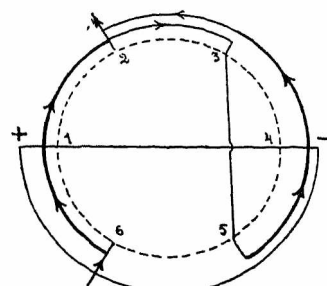
czynna poprzednio, krótkozwarta, drugą — dwie fazy pozostałe, połączone szeregowo i zamknięte przez twornik prądnicę prądu stałego. Gdy obciążenie odpowiednio się zmniejszy, silnik sam powraca do biegu synchronicznego. Przejściom tym nie towarzyszy, jak to widać z wykresu, żadna gwałtowna zmiana w zapotrzebowaniu prądu: skok pionowy krzywej III wynosi około 10 A, t. j. około 8% natężenia w biegu synchronicznym przy momencie maksymalnym. Zmniejsza się natomiast, co jest zresztą oczywiste, szybkość, $\cos \varphi$ a także i współczynnik sprawności.

Poniżej momentu maksymalnego możemy również pracować w biegu asynchronicznym (ma to miejsce przed synchronizacją silnika przy rozruchu), ale zapotrzebowanie prądu jest wówczas większe, a współczynnik sprawności mniejszy, niż w biegu synchronicznym, jak to wykazują krzywe III i II (linia przerywana).

Jeżeli więc zastępujemy silnik asynchroniczny przez silnik asynchroniczny synchronizowany, zyskujemy nietylko dobry $\cos \varphi$ (co ma znaczenie dla abonenta jedynie wówczas gdy elektrownia pobiera opłatę za energję bezwatową), lecz i poprawę współczynnika sprawności, pomimo zużycia energii w prądnicę prądu wzbudającego, a to dzięki zmniejszeniu się strat cieplnych w maszynie, proporcjonalnych do kwadratu natężenia.

Jeżeli natomiast przeznaczamy silnik asynchroniczny synchronizowany do pracy równoległe z asynchronicznymi dla poprawy $\cos \varphi$, to w prawdzie osiągamy ten cel, lecz współczynnik sprawności silnika synchronizowanego zmniejsza się. Przypuśćmy, że aby uzyskać $\cos \varphi = 1$, trzeba, aby silnik synchroniczny miał $\cos \varphi = 0,7$ (odchylenie naprzód); jak to widać z wykresu 8, współczynnik η wynosi wówczas 0,80, zamiast 0,88 (przy obciążeniu normalnym), obciążenie zaś nie przekracza 70% obciążenia normalnego. Jeżeli więc silnik synchroniczny ma być użyty do poprawy $\cos \varphi$, należy w każdym wypadku dokładnie obliczyć, czy i jakie przyniesie to korzyści. Podajemy tu niżej przykłady liczbowe, pierwszy dla silnika asynchronicznego synchronizowanego, pracującego samodzielnie, drugi — dla silnika synchronicznego, pracującego równoległe z asynchronicznymi.

Dla fabryki kupującej energję elektryczną z elektrowni miejskiej lub okręgowej, postawienie silnika asynchronicznego



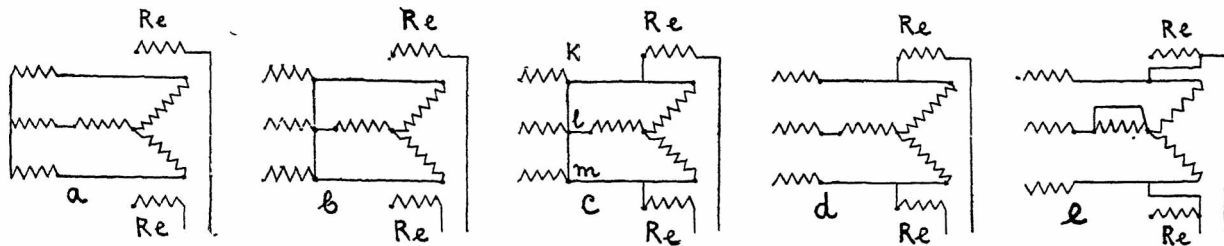
Rys. 3.

synchronizowanego opłaca się, o ile elektrownia pobiera opłatę za energję bezwatową, jak to ma miejsce obecnie we Francji. W przeciwnym razie zwykły silnik asynchroniczny jako tańszy może się lepiej opłacić.

Natomiast dla dużej fabryki, posiadającej własną elektrownię utrzymanie dobrego $\cos \varphi$ jest bardzo ważne. Jak to już wyżej powiedzieliśmy, słaby $\cos \varphi$ zmusza do zakładania przewodników o większym przekroju, zwiększa straty ciepłe w przewodach, obniża współczynnik sprawności i moc generatorów. Elektrownia, sprzedająca energję elektryczną, o ile nie pobiera opłaty za energję bezmocną może sobie straty tę odbić, podwyższając cenę, co jest zresztą niezbyt sprawiedliwe, bo w ten sposób często jeden odbiorca płaci za zły $\cos \varphi$ drugiego. W elektrowni, pracującej tylko na potrzeby własne przedsiębiorstwa, straty te zwiększają koszty produkcji, w sposób

czasami nawet dość dotkliwy, zwłaszcza gdy, z powodu złego $\cos \varphi$ i zmniejszonej przez to wydajności generatorów, trzeba zwiększyć ich liczbę.

grupy maszyn potrzeba mu 150 MK, lecz zważywszy na zły $\cos \varphi$ dawnych silników, silnik synchronizowany 150 MK może nie być wystarczającym do uzyskania $\cos \varphi$ bliskiego



Rys. 4.

Przykład 1. Fabryka nabywa energię w elektrowni do pędzenia zwykłego silnika asynchronicznego 100 MK, $\eta = 90\%$, $\cos \varphi = 0,91$. W ciągu godziny silnik zużywa

$$\frac{100 \cdot 0,736}{0,90} = 82 \text{ kWh}$$

$\cos \varphi = 0,91$ odpowiada kątowi, którego $\sin \varphi = 0,41$. Energia bezwatowa w ciągu godziny wynosi więc:

$$\frac{82}{0,91} \cdot 0,41 = 37 \text{ kWh}$$

Jeżeli cena jednostki energii bezmocnej wynosi $\frac{1}{3}$ ceny kWh, to opłata za nią wyniesie

$$\frac{37}{3 \cdot 82} = 15\%$$

opłaty za energię watową lub 13% opłaty całkowitej. Wydatku tego fabryka uniknie, o ile zamiast silnika asynchronicznego

jedności. Należy obliczyć więc, jakiej mocy silnik fabryka ma kupić i sprawdzić, czy współczynnik sprawności silnika synchronicznego, pracującego poniżej obciążenia normalnego nie będzie tak mały, że zrównoważy to materialnie korzyści, osiągnięte przez poprawę $\cos \varphi$

Prąd, zużywany przez dawne silniki wynosi:

$$I_a = \frac{150 \cdot 736}{\sqrt{3} \cdot 500 \cdot 0,75 \cdot 0,85} = 400 \text{ A}$$

Jeżeli fabrykant postawi silnik Le Monnier 150 MK, $\eta = 90\%$, $\cos \varphi = 0,95$ (odchylenie naprzód), to prąd I_s w tym silniku będzie:

$$I_s = \frac{150 \cdot 736}{\sqrt{3} \cdot 500 \cdot 0,95 \cdot 0,90} = 150 \text{ A}$$

Prąd całkowity $I = I_a + I_s = 485 \text{ A}$ (rys. 9); tworzy on z napięciem kąt φ , którego \cos wynosi 0,895. Poprawa jest znaczna; zobaczymy jak wyraża się ona procentowo dla kieszeni fabrykanta.

Za godzinę pracy silników (dawnych i nowego) płaci on:

$$1) \text{ za } \frac{300 \cdot 0,736}{0,85} + \frac{150 \cdot 0,736}{0,90} = 383 \text{ kWh energii aktywnej, oraz}$$

$$2) \text{ za } \frac{383 \cdot 0,445}{0,895 \cdot 3} = 63,5 \text{ kWh, odpowiadające } \frac{1}{3}$$

jednostek energii bezmocnej;

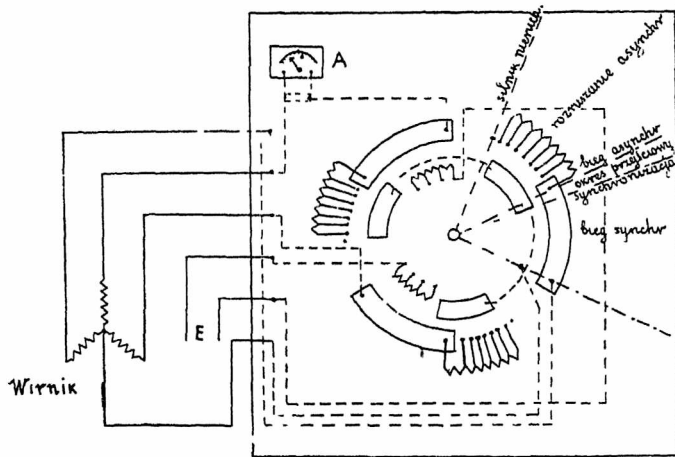
razem: 446,5 kWh

O ile nowy silnik będzie zwykłym silnikiem asynchronicznym 150 MK, $\eta = 90\%$, $\cos \varphi = 0,88$, to $\cos \varphi$ wypadkowy wyniesie 0,775 (rys. 10), a fabrykant będzie płacił za 385 kWh, energii watowej i 104 kWh z tytułu energii bezmocnej, razem 489 kWh. Różnica wynosi 42,5 kWh, czyli że dzięki silnikowi Le Monnier, fabryka oszczędza $8,7\%$ wydatków na siłę pędną.

Oszczędność będzie jednak znacznie większa, jeżeli postawi się silnik Le Monnier 200 MK, który, pracując przy $\frac{3}{4}$ obciążenia normalnego daje wprawdzie tylko $\eta = 0,85$, lecz $\cos \varphi$ przy odchyleniu naprzód wynosi 0,85. Wypadkowy $\cos \varphi = 0,96$ (rys. 11). Fabryka zużywać będzie w ciągu godziny

$$1) \frac{300 \cdot 736}{0,85} + \frac{150 \cdot 736}{0,85} = 390 \text{ kWh energii watowej,}$$

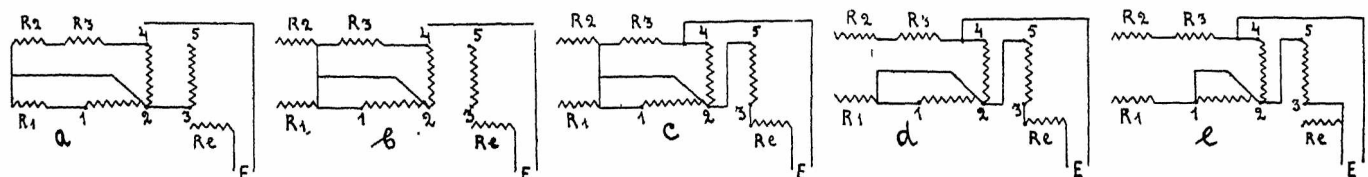
$$2) \frac{390 \cdot 0,28}{0,96 \cdot 3} = 38 \text{ kWh, odpowiadające energii bezwatowej}$$



Rys. 5.

niego zwykłego postawi silnik synchronizowany, pracujący przy $\cos \varphi = 1$.

Przykład 2. Fabryka nabywa energię elektryczną do pędzenia pewnej ilości drobnych silników o ogólnej mocy 300 MK, $\cos \varphi = 0,75$, napięcie wynosi 500 V, $\eta = 0,85$.

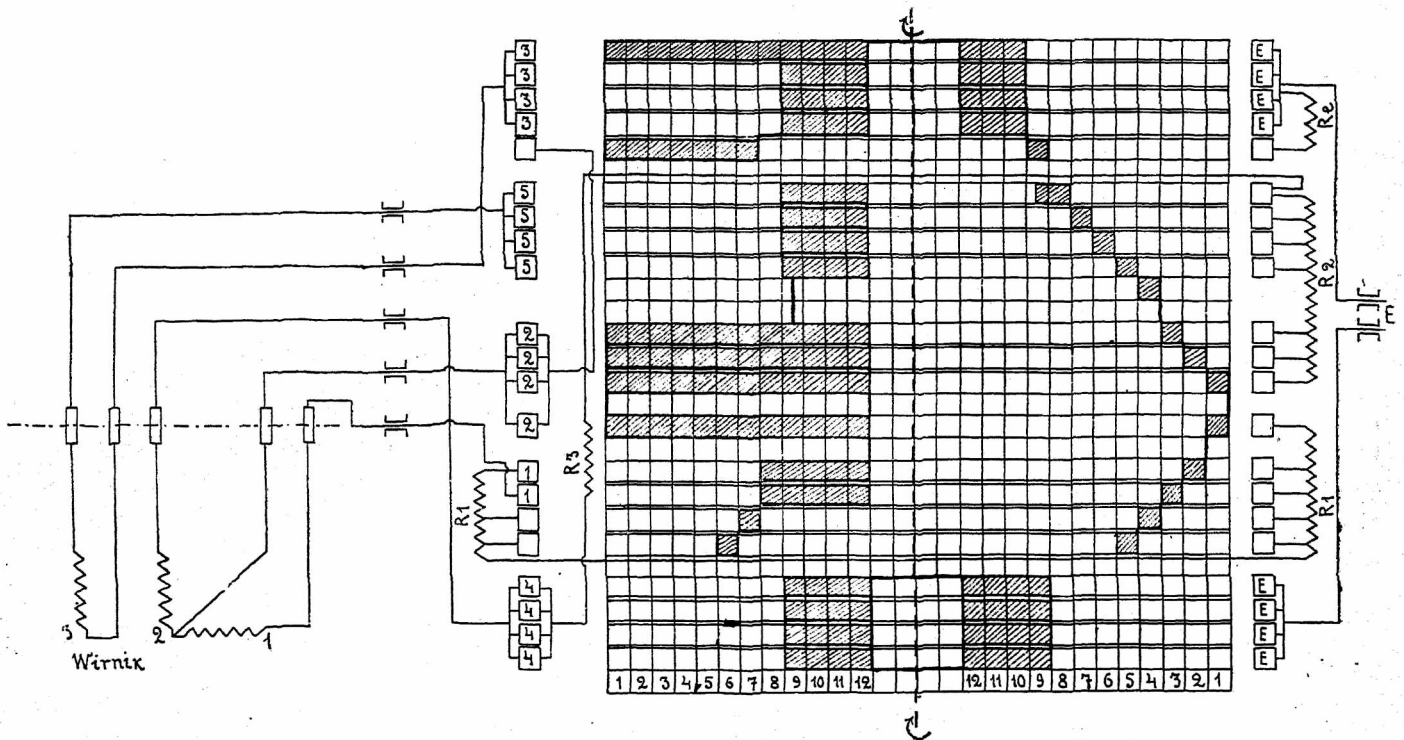


Rys. 6.

Ustawiając nową grupę maszyn, fabrykant pragnie jednocześnie poprawić $\cos \varphi$ swojej instalacji. Do pędzenia nowej

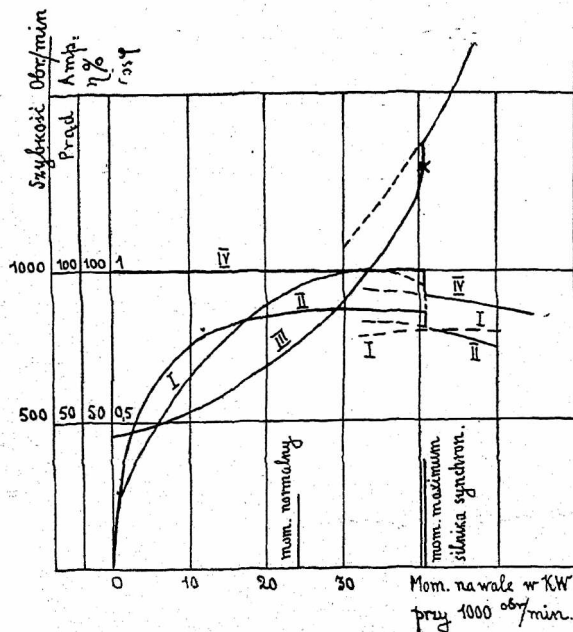
Razem 428 kWh. Różnica wynosi $489 - 428 = 61$ kWh, czyli 12,4%.

obwodów magnetycznych wyraża się w znacznie słabszych procentowo cyfrach; niema również obawy, by wirnik ocierał się o uzwojenie stojana, jak to czasem ma miejsce w silnikach



Rys. 7.

- 1 — 7 rozruch asynchroniczny
- 8 bieg asynchroniczny
- 9 okres przejściowy i synchronizacja
- 10—12 bieg synchroniczny.

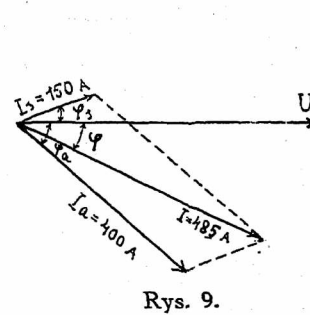


Rys. 8.

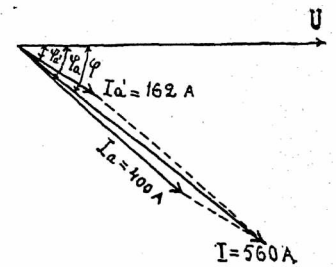
- I $\cos \varphi$ — odchl. wprzód
- II η współczynnik sprawności — wtył
- III Prąd
- IV Szybkość.

Pozostaje jeszcze zwrócić uwagę na kilka szczegółów budowy silnika Le Monnier, dość ważnych.

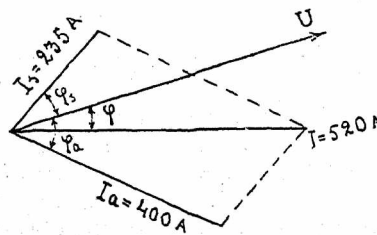
Pierwszy, to większa szczelina, niż w silnikach asynchronicznych, w razie więc zużycia panewek mniejsza asymetria



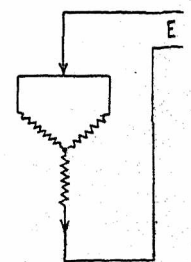
Rys. 9.



Rys. 10.



Rys. 11.

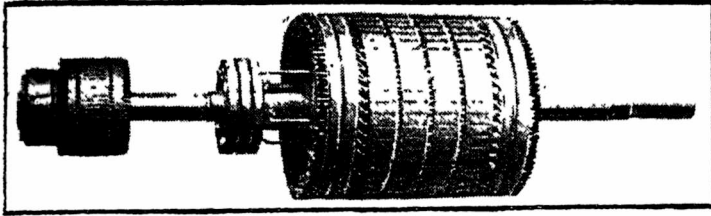


Rys. 12.

asynchronicznych. Drugim szczegółem budowy są żłobki otwarte, dające możliwość założenia, uprzednio przystosowanych, części uzwojenia i starannego ich izolowania, co ułatwia budowę silników, pracujących bezpośrednio na liniach wspólnego napięcia.

Porównyując silnik Le Monnier ze zwykłym silnikiem asynchronicznym, musimy podkreślić jeszcze różnicę między wzajemnym stosunkiem uzwojeń stojana i wirnika w tych maszynach. W silniku asynchronicznym rolę magnetycy wirującej

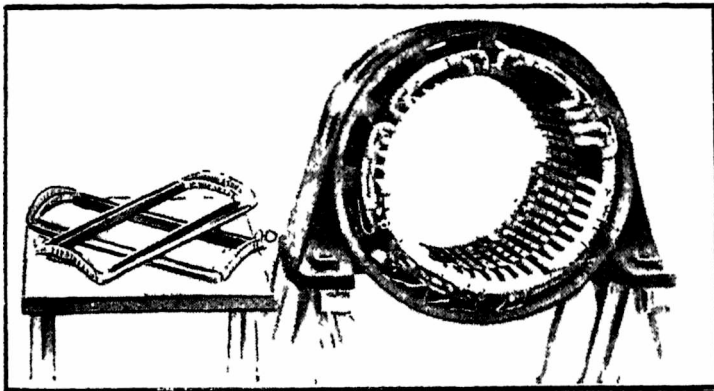
odgrywa stojan, uzwojenie stojana musi więc przedstawiać liczbę zwojów większą, niż wirnik. W silniku Le Monnier, jeżeli pominąć rozruch asynchroniczny silnika, to nie stojan, lecz wirnik spełnia rolę magnesu; liczba zwojów wirnika musi więc być tu większa, niż w silniku zwykłym. Nie jest ona jednak tak wielka, jak w silnikach synchronicznych, to też natężenie prądu wzbudzającego jest duże, a budowa prądnicy dla obwo-



Rys. 13.

du wzbudzającego specjalnie do tych warunków przystosowana. Gdybyśmy próbowali synchronizować zwykły silnik asynchroniczny, to otrzymaliśmy maszynę, o mocy stosunkowo nieznaczej i dużych startach cieplnych.

Kwestja, jak zmienić wirnik trójfazowy na magnetyczny, nie odrazu została rozwiązana. W pierwszych maszynach asynchronicznych synchronizowanych, wy-



Rys. 14.

konanych według schematu Danielsona (rys.12) w roku 1902, całe uzwojenie wirnika było wyzyskane w biegu synchronicznym. Nierównomierna gęstość prądu powodowała jednak wadliwie funkcjonowanie, a w razie przeciążenia silnika ponad 50% i przejście do biegu asynchronicznego, wirnik miał tylko jedną fazę, co nie zawsze było wystarczające do zapewnienia biegu silnika. Ponadto, forma krzywej pola magnetycznego odbiegała bardziej od sinusoidy, niż w silnikach Le Monnier. Powodowało to zniekształcenia krzywej napięcia większe, niż w tych ostatnich, gdzie nie przekracza ono 5% *).

Silnik Le Monnier jest odwracalny, to znaczy, że może pracować jako generator. Z własnościami generatora Le Monnier, jak również z innym zagadnieniem bardzo ważnym: synchronizacją małych silników, w których umieszczenie prądnicy dla wytwarzania prądu wzbudzającego nie może się opła-

*) Spółczynnik zniekształcenia w ‰ jest to, jak wiadomo, stosunek największej różnicy między rzędnymi danej krzywej i sinusoidy równoważnej, do rzędnej największej tej sinusoidy, wówczas, gdy obie krzywe są przyłożone jedna do drugiej tak, aby tę różnicę uczynić możliwie najmniejszą. Za sinusoidę równoważną uważa się sinusoidę o tym samym okresie, i tej samej

wartości skutecznej $\left(\frac{1}{T} \int_0^T e^2 dt \right)^{1/2}$, co dana krzywa.

cić, zapoznamy czytelników w innym artykule. Damy w nim również kilka wykresów, otrzymanych przy pomocy oscylografu Blondel'a, tyjących się okresu synchronizacji silnika.

Wycieczka przedstawicieli Związku Elektrowni Polskich do Czechosłowacji.

(Referat, wygłoszony na posiedzeniu Warszawskiego Koła Elektrotechników dnia 24.5 1927).

Inż. K. Straszewski.

W Nr. 9 Przeglądu Elektrotechnicznego z dnia 1.5 1927 na str. 187 podano o wycieczce tej krótką wzmiankę i program i zaznaczono, jak gościnnie uczestnicy wycieczki przyjęci byli przez oba koncerty, zapraszające Związek, a mianowicie — Czesko - Morawską Kolben i Zakłady Skody oraz Elektrownię Miejską w Pradze, p. Prezydenta Miasta Dr. Baxę i Elektrownię Ervenicką. Nie będę powtarzał więc tych szczegółów i ograniczę się tylko do opisanie poszczególnych obiektów fabrycznych, które zwiedziliśmy.

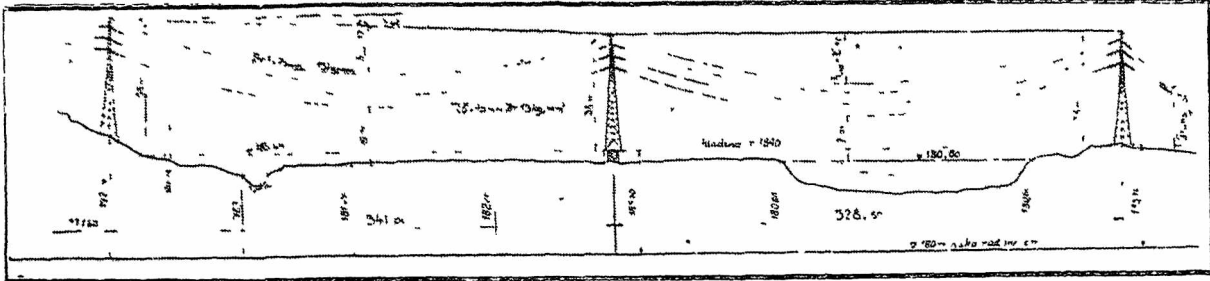
Zakłady Elektryczne st. miasta Pragi.

Elektrownia ta istnieje już od lat 25 i zasilala pierwotnie tylko miasto Pragę w jej dawnych granicach. Poszczególne przedmieścia, z których niektóre wielkością prawie dorównywały samemu miastu i tworzyły osobne gminy zasilane były przez oddzielne elektrownie. W pierwszych czasach istnienia Republiki Cz. St. przedmieścia te zostały połączone ze stolicą, a istniejące na przedmieściach elektrownie zostały stopniowo zlikwidowane. Obecnie istnieje projekt wykorzystania elektrowni tych do celów ogrzewania. Od roku 1925 dostawę energii dla powiększonej stolicy i 25 okolicznych gmin o 750 000 ludności podjęła już wyłącznie Elektrownia Miejska, położona w okręgu Holeszowice nad rzeką Wełtawą. Obecnie Elektrownia ta posiada 29 kotłów o ciśnieniu pary 15,5 atm. i ogólnej powierzchni ogrzewalnej 12 400 m² oraz 9 turbin parowych o ogólnej mocy 52 400 kW. Elektrownia ta, jak każdy zakład mający za sobą ćwierć wieku istnienia, jest w wielu szczegółach przestarzała, nie mniej podnieść należy, że kierownictwo jej starało się przy wszystkich rozbudowach iść według możliwości za postępowymi techniki i uzyskiwać możliwie największą ekonomję ruchu.

Kotły więc zasilane są wodą destylowaną, gospodarka węglowa jest zmechanizowana, obsługa kotłów i proces spalania został całkowicie przed dwoma laty zautomatyzowany. Jest to pierwsze tego rodzaju urządzenie zastosowane w Czechosłowacji, na wzór podobnych urządzeń, używanych w wielkich elektrowniach amerykańskich, ale, co z uznaniem zaznaczyć należy, wykonane ono zostało w Czechosłowacji przez firmę Inż. Roucka w Blansku i według pomysłu tej firmy. Zasada tego urządzenia polega na tem, że wahania prężności pary w głównym przewodzie parowym, które uzależnione są od wahań obciążenia turbin, działają na szereg serwowatorów, regulujących szybkość posuwania się rusztów mechanicznych, szybkość wentylatorów poddmuchowych, otwarcie klap dla powietrza i gazów spalinowych, a więc na ilość wytwarzanej pary, przy możliwie najekonomicznym procesie spalania, automatyczne zaś regulatory zasilania wodą utrzymują stały poziom wody w kotłach. W ten sposób, eliminując wpływ palacza na proces spalania i wytwarzanie pary, osiąga się możliwie największą ekonomję, kontrolowaną jeszcze przez szereg aparatów wskazujących, liczących i kreślących krzywą przepływu wody, pary, jej ciśnienia, przepływu powietrza przez ruszty i składu chemicznego gazów spalinowych. Zarząd Elektrowni

twierdzi, że jednoroczna oszczędność na węglu, uzyskana dzięki zastosowaniu tego systemu, zamortyzowała całkowicie koszt tych urządzeń. Wystarczy wspomnieć, że, gdy w roku 1921 potrzeba było około 10 000 kal. na wytworzenie jednej kWh, w roku 1924 cyfra ta spadła do około 7000 kal.

Z pomiędzy 9 turbin, znajdujących się w hali maszyn, największa turbina posiada moc 14000 kW przy 3000 obrotów.



Przejście przez rzekę Wełtawę.

Woda do chłodzenia pobierana jest bezpośrednio z Wełtawy. Zanieczyszczenia wody usuwane są w systemie siatek, mechanicznie oczyszczanych.

Prąd, wytwarzany jest o napięciu 3000 V, zaś wspomniany największy generator wytwarza go o napięciu 6000 V prąd o napięciu 3000 V zasila starą sieć praską, przeważna zaś ilość energii transformowana jest na 22 000 V, poczem częściowo kablami, częściowo zaś liniami napowietrznymi przenoszona jest do głównych stacji transformatorowych, obniżających napięcie do 3000 V, a także i bezpośrednio na napięcie 380,220 i 120 V. Ilość mniejszych stacji transformatorowych wynosi 800 w całym okręgu. W roku 1925 wytworzono 108 000 000 kWh przy maksymalnym obciążeniu 36 000 kW.

Cena sprzedana energii wynosi od roku 1925 dla światła Kor. cz. 3.—, t. j. 80 groszy, dla motorów — Kor. cz. 1,70, t. j. 45 groszy, dla przemysłu schodzi ona stopniowo aż do Kor. cz. 0,48, t. j. 13 groszy, prąd nocny sprzedaje się po Kor. cz. 0,20, t. j. 5,25 groszy za 1 kWh.

Rok 1926 wykazał dalszy znaczny wzrost zużycia energii elektrycznej. Te tak pomyślne wyniki w rozwoju sprzedaży energii zawdzięczają zakłady praskie intensywnej akwizycji odbiorców i propagandzie. Elektrownia Praska wydaje własne pismo propagandowe, które darmo rozsyła odbiorcom, organizuje stałe pokazy oświetlenia i aparatów, to też sprzedaż energii osiąga na głowę ludności cyfrę blisko 3 razy wyższą, niż w Warszawie.

Ten silny rozwój zużycia energii w Pradze i okolicy od czasu powstania Republiki i niemożność dalszej rozbudowy Elektrowni Holeszowickiej z powodu braku miejsca doprowadziły do realizacji projektu budowy nowej wielkiej elektrowni kalorycznej na państwowych złóżach węgla brunatnego w północnych Czechach w Ervenicy odległej od Pragi o 84 km.

Elektrownia Ervenicka.

Złóża węgla brunatnego, własność państwowa, położone w okolicy miasta Most (Brüx), produkują kilka tysięcy ton węgla dziennie, przeważnie sposobem odkrywkowym.

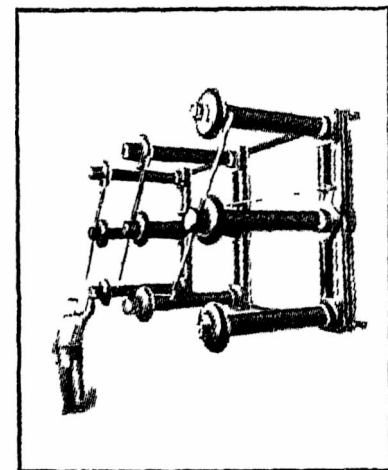
Złóże kopalni „Hedvika” o miąższości, dochodzącej do 24 m, którego zapasy wraz z sąsiednimi złóżami obliczone są na blisko 600 milionów ton, posiada 2 gatunki węgla: górny, znajdujący się około 18 m, pod powierzchnią ziemi, kilkumetrowej grubości, przerośnięty łupkiem o wartości od 2000 do 2300 kal. i dolny, znacznie lepszy, o wartości około 5400 kal. Ponieważ górna warstwa nie znajdowała zbytu, wyrzucana była na zwały lub używana do zasypywania dołów po wydobywym węglu. Odpadki te węglowe, zapalając się same, zatrują powie-

praska posiadała z końcem 1925 roku 94 km przewodów kablowych 22 000 V i 72 km przewodów napowietrznych o temże napięciu, 370 km kabli o napięciu 6000 i 3000 V, 19 km przewodów napowietrznych o napięciu 3000 V, 490 km kabli nisko napięciowych i 510 km. przewodów nieskonapięciowych

Na sieć tę przyłączonych było — 16 000 domów i 121 000 odborników. Poza to Elektrownia Praska zasila całą sieć tram-

trze. Przy produkcji dziennej około 3200 ton dobrego węgla wydobywanie węgla gorszego wynosi około 700 ton. Przy projektowaniu nowej elektrowni cieplnej, która miałaby służyć jako jedno z głównych źródeł elektryfikacji północnych Czech, a zarazem być źródłem energii dla Pragi, zwrócono uwagę na te liche gatunki węgla, zwłaszcza wobec ich niskiej ceny, wynoszącej Kor. cz. 9, t. j. zł. 2,40 za tonę, i zdecydowano się postawić nową elektrownię bezpośrednio przy kopalni „Hedvika”. Elektrownia ta wykończona została w roku 1925 i przez rok 1926 zasilala już sieć praską. Jej zainstalowana moc wynosi obecnie 45 000 kW, która może być powiększona do 135 000 kW.

Zasilanie wodą. Wobec zupełnego braku wody w okolicy musi się ją sprowadzać z rzeki Ohre, wodociągiem o długości 22 km. Przy rzece tej ustawiona została stacja pomp o wydajności 65 l/sek. Do napędu motorów doprowadzony jest prąd o napięciu 22 000



Odłącznik 110 kV.

V, transformowany następnie na 380/220 V; jako rezerwa służą tam motory dyzelskie.

Gospodarka węglowa.

Węgiel z kopalni transportuje się najpierw kolejką kopalnianą do głównych zbiorników, z których podaje go kolejka wisząca do łamaczy, kruszących go na węgiel drobny. Stąd podawany on jest wprost konweyorem do elektrowni. W pobliżu mieści się sortownia dobrego węgla, przeznaczonego do wysyłki, skąd miał, w razie braku węgla gorszego, dowożony być może wprost do konweyatorów.

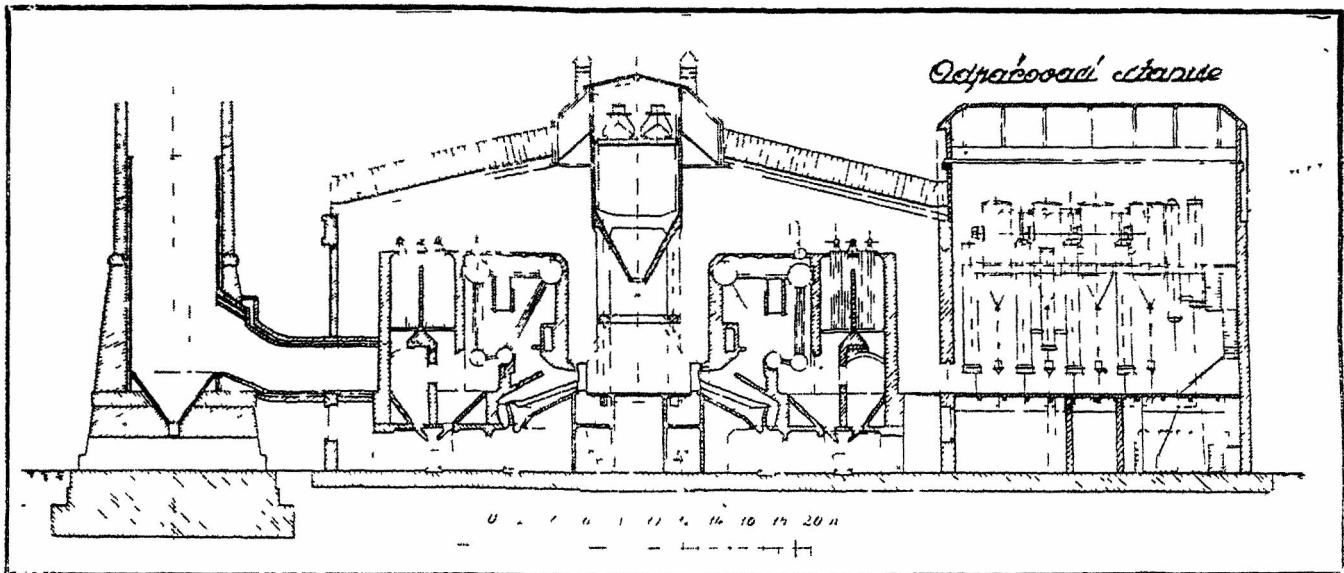
Popiół wywożony jest kolejką kopalnianą wprost do dołów po wydobywym węglu.

Kotłownia.

Położona ona jest prostopadle do osi turbinowni. Kotły ustawione są w dwóch rzędach, z jednej strony 8 kotłów po 600 m², z drugiej również 8 — po 800 m², stromorurkowe z fabryk: Czesko - Morawskiej, Breitfeld - Danek i Zakładów Witkowskich. Ciśnienie pary 20,5 kg/m²

„Roucka”. Tuż przy kotłowni mieści się stacja pomp zasilających z wyparnikami dla wody dodatkowej.

Jest ona długości 78 m, szerokości 16 m; posiada 3 turbiny po 15 000 kW, ustawione wzdłuż osi maszynowni, z tych dwie z zakładów Skody, jedna — z fabryki Breitfeld-Danek, generatory Skody, AEG i Kolbena



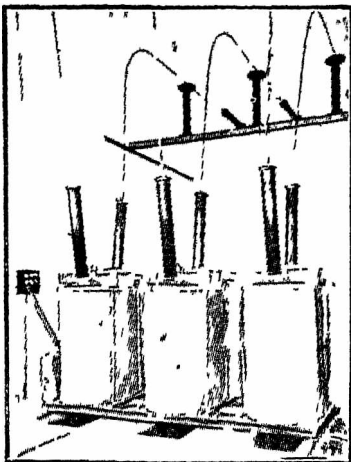
Kotłownia. Przekrój poprzeczny.

Przy wyborze prężności pary zatrzymano się na 20,5 kg, gdyż z jednej strony krajowe fabryki w dobie zamówienia nie miały jeszcze doświadczenia z wyższymi prężnościami, a z drugiej — niska cena węgla nie uzasadniała wyższych kosztów budowy przy wyższej prężności. Ruszty są częściowo łańcuchowe, systemu Ulricha, częściowo walcowe systemu „Vulkan”, a częściowo systemu prof. Łomzakowa. Te ostatnie zasługują na uwagę z powodu swej oryginalnej konstrukcji. Składają się one z dużych płyt w formie krat, wykonujących ruch posuw-

Dla oszczędności wody chłodzącej przechodzi ona przez chłodnice, przy których założony został zbiornik na 24400 m³ który w wypadku zepsucia się wodociągu z rzeki Ohre wystarcza na zasilanie elektrowni wodą przez kilka dni.

Urządzenia rozdzielcze i transformatornia dla 110 kV.

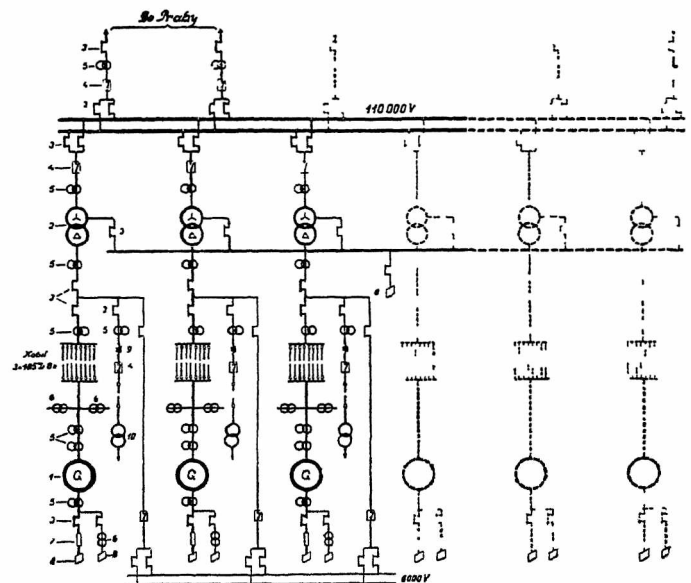
Należy tu zwrócić uwagę na parę interesujących szczegółów, a mianowicie: rozdzielnia na 6 kV została zredukowana do minimum, posiada ona tylko pomocnicze szyny dla własnej po-



Wyłącznik olejowy 110 kV.

Hala maszyn.

stych, których wolne miejsca wypełnione są porowatym materiałem, magnezitem, pozwalającym na przepływ powietrza, chroniącym części żelazne od przepalenia i powstrzymującym przepad węgla przez ruszty. Wszystkie ruszty zaopatrzone są w poddmuch, 3 kominy, jeden po stronie mniejszych kotłów, a dwa po stronie większych, 100 m wysokości i 5 m. średnicy każdy, odprowadzają gazy spalinowe. Wszystkie ruszty są automatycznie regulowane i kontrolowane opisanym powyżej systemem



Układ połączeń rozdzielni.

trzeby elektrowni, dla oddawania prądu w okolicy i dla transformacji na 24 kV przy pomocy 2 transformatorów po 2 000 kV dla przewodu do stacji pomp.

Zasadniczo jeden z trzech transformatorów po 20 000 kV, 6/110 kV, tworzy całość z jednym z generatorów i synchronizac

odbywa się po stronie 110 kV, gdzie też znajdują się główne szyny zbiorcze. Transformatory, szyny i aparaty 110 kV umieszczone są w osobnym budynku. Po stronie 110 kV niema żadnych urządzeń ochronnych od przepięć, ale zato każda część tych urządzeń poddana była napięciu próbnemu o trzykrotnej wysokości napięcia roboczego. Interesujące jest mierzenie prądu i napięcia przy 110 kV, i tak transformatory prądowe dla pomiaru i przekładników mieszczą się w izolatorach przepustowych wyłączników olejowych, do mierzenia zaś napięcia użyto prądów pojemnościowych izolatorów przepustowych kondensatorowych, umieszczonych między komorami wyłącznikowymi a górnym piętrem, na którym znajdują się szyny zbiorcze, przez co transformatory napięciowe dla 110 kV stają się zbędne. Dużo uwagi poświęcono odpowiedniemu oświetleniu, przewietrzeniu i ogrzaniu rozdzielni, jak również i gospodarce olejem. Olej transformatorów chłodzi się na zewnątrz, przy rozdzielni znajdują się urządzenia dla czyszczenia oleju.

Przewód 110 kV do Pragi.

Przewód ten ma 84 km długości, jest dwutorowy, o przekroju linek miedzianych 95 mm², zmontowany na żelaznych wieżach kratowych. Normalna wysokość wież wynosi 21,5 m nad ziemią, rozpiętość normalna jest 230 m. Tuż w pobliżu Holeszowic przekracza przewód ten rzekę Wełtawę na rozpiętości 328 m. Przewody zawieszono tu na wieżach żelaznych o 38 m wysokości nad terenem.

Transformatornia w Holeszowicach.

Na końcu linii przy elektrowni Holeszowickiej mieści się transformatornia z dwoma transformatorami po 20 000 kVA, zbudowana na podobnych zasadach, jak w Ervenicy, a więc również w budynku, z tą różnicą, że transformatory są nawinięte na 3 napięcia, a mianowicie 110, 23 i 6,3 kV. Energia oddawana jest w Pradze na napięciu 23 kV. Napięcie 6,3 kV służy dla późniejszego przyłączenia rotacyjnych kondensatorów dla poprawy współczynnika mocy. Dalsza rozbudowa tej transformatorni projektowana jest na otwartym powietrzu.

Od chwili pełnego uruchomienia elektrowni Ervenickiej, podjęła ona całą dostawę energii dla Pragi, a elektrownia miejska w Pradze służyć ma tylko jako rezerwa i do pokrywania zimowych wierzchołków obciążenia.

Podam jeszcze parę cyfr, odnośnie do kosztów budowy, cen prądu i t. p., które zanotowałem sobie w trakcie rozmów z tamtejszymi inżynierami, oraz moje uwagi co do rentowności tego zakładu, nie ręczę jednak za ich dokładność:

Spodziewana sprzedaż w roku 1927 dla miasta Pragi	92 000 000 kWh
poza to elektrownia sprzedaje narazie nieznaczne ilości energii w okolicy.	
Straty w sieciach	4 500 000 kWh
Własne zużycie	3 500 000 kWh
Razem	100 000 000 kWh
Moc zainstalowana elektrowni	45 000 kW
Przypuszczalne maksimum	30 000 kW

Ilość godzin używania maksymalnego obciążenia	3 300
Cena węgla: węgiel lichi 2500—3200 kal. — 90 hal.	
100 kg. = 24 gr.	
miał z dobrych pokładów około 4 000 kal. 125 hal. 100 kg. = 33 gr.	
Ceny prądu dla Pragi: ryczałt roczny od 1 kW	
K. cz. 1000 = Zł. 265.—	
cena za 1 kWh hal. 4,5 = gr. 1.19	

Koszt węgla na 1 wytworzoną kWh	hal. 1,84 = gr. 0.49
na 1 sprzedaną kWh	hal. 2,00 = gr. 0.52

t. j. zużycie węgla lichego 2,05 kg na kWh wytworzoną, a 2,22 kg na kWh dostarczoną do Pragi. Wypadałoby to na około 5000 do 6000 kal. na wytworzoną kWh.

Koszt nabycia prądu przez miasto Pragę.

30 000 kW × 1000 = Kor. cz. 30 000 000.—

92 000 000 kWh × 4,5 hal. Kor. cz. 4 140 000.— K. cz. 34 140 000 = Zł. 9 000 000

t. j. średnio 36,8 hal. = 9,8 gr. za kWh.

Ceny te w stosunku do cen, które możnaby uzyskać w Polsce dla dostawy energii o tak wysokiej mocy i tej ilości godzin używania nie wydają się niskie, a zwłaszcza ryczałt od 1 kW, co nawet przy bardzo niskiej cenie za kWh, bo tylko 4,5 hal., spowodowanej tanim węglem, daje stosunkowo wysoką cenę średnią za 1 kWh.

Kapitał akcyjny elektrow-

ni w Ervenicy Kor. cz. 30 000 000

z tego przypada:

na Min. Rob. Publ. K. cz. 16 000 000

na miasto Pragę K. cz. 8 000 000

na kraj Czechy K. cz. 6 000 000

Koszt budowy wyniósł około Kor. cz. 217 000 000

Różnica między kosztem budowy a kapitałem akcyjnym, wynosząca Kor. cz. 187 000 000,— udzielona została w formie pożyczki przez wszystkich akcjonariuszów w stosunku do posiadanych akcji na 6½% w stosunku rocznym, t. j. 1% ponad stopę dyskontową Banku Państwa, która jednak w ostatnich czasach obniżona została do 5%. Pożyczka ta ma być w przyszłości skonwertowana na obligacje.

Koszt budowy elektrowni oblicza się na około 196 milionów kor. cz., koszt zaś przewodu do Pragi o napięciu 100 kV, długości 84 km, w którym prawdopodobnie mieści się i koszt budowy stacji transformatorowej w Pradze, — na 21 milionów kor. cz. Koszt budowy elektrowni obliczałby się zatem na 1 kW zainstalowany na około Kor. cz. 4360, t. j. Zł. 1150,—, koszt zaś budowy 1 km dwutorowego przewodu o przekroju miedzi 95 mm² na słupach kratowych na 250 000 kor. cz., czyli 66 000 zł. Tak koszt budowy elektrowni, jak i sieci wydaje się wysoki.

Przy przyjęciu powyższych danych możemy obliczyć roczne koszty kapitału, przyjmując dywidendę od kapitału akcyjnego dowolnie na 10%, zaś oprocentowanie pożyczki na 6½%:

6½% od Kor. cz. 187 milj. = K. cz. 12 200 000

10% od Kor. cz. 30 milj. = K. cz. 3 000 000 K. cz. 15 200 000

Odpisy i amortyzacje śr. 5% od K. cz. 217 milj. K. cz. 10 800 000

Razem koszty kapitału K. cz. 26 000 000

Dodajemy do tego koszty węgla:

100 milj. kWh × 0,00184 = K. cz. 1 840 000

Razem K. cz. 27 840 000

Ponieważ miasto Praga płaci K. cz. 34 140 000

Pozostaje na inne wydatki, jako to: materiały

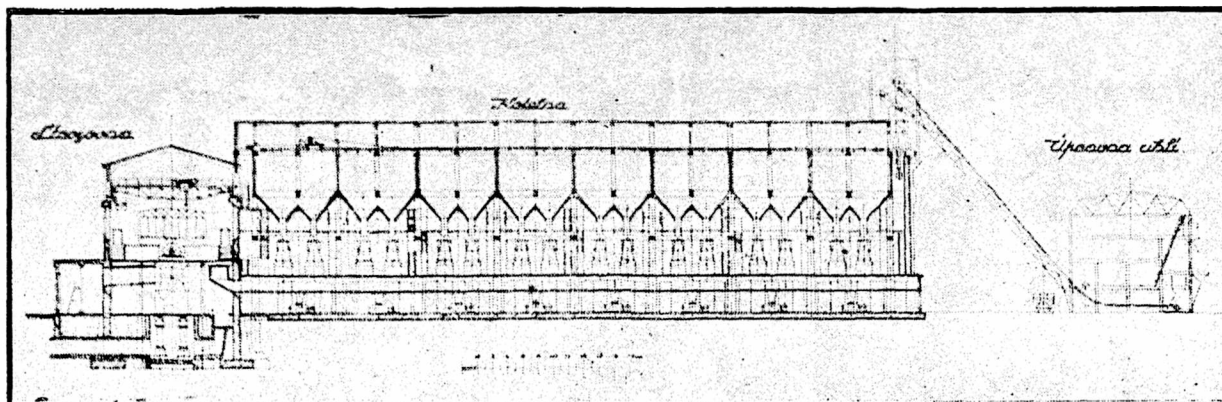
ruchu, utrzymanie, administrację, podatki etc. K. cz. 6 300 000

Suma ta powinna wystarczyć na pokrycie tych wydatków. Widzimy stąd, że zakład ten powinien rentować się już tylko przy dostawie 92 000 000 kWh dla Pragi, nie licząc innych bardzo poważnych możliwości zbytu energii dla innych okolic, gdyby elektrownia Ervenicka stała się, jak to jest projektowane, jedynym z głównych źródeł dostawy energii dla elektryfikacji północnych Czech.

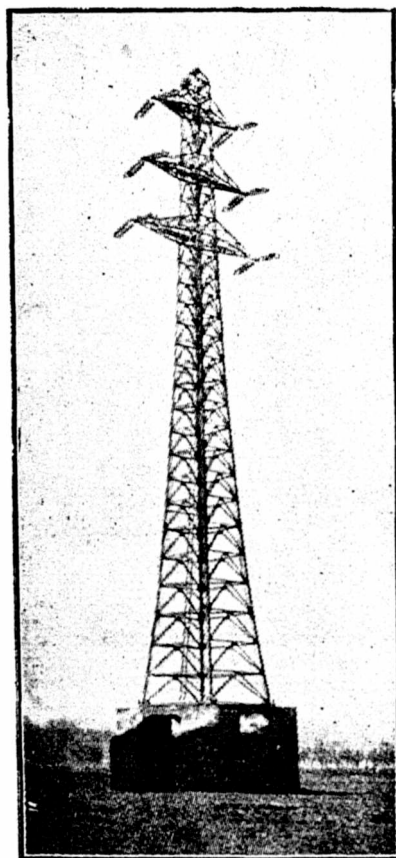
Nie mogę wreszcie pominąć milczeniem, że cała elektrownia wybudowana została prawie wyłącznie siłami czeskiemi i przez czeskie fabryki, gdyż, jak to podałem poprzednio, z poważniejszych urządzeń tylko jeden generator pochodzi od AEG, oba dalsze generatory, rurociągi, pompy i cała prawie część elektryczna, nie wyłączając transformatorów, aparatów

przedtem Kolben i S-ka", której początki sięgają roku 1896. Obie fabryki położone są na przedmieściu praskiem Wysoczany.

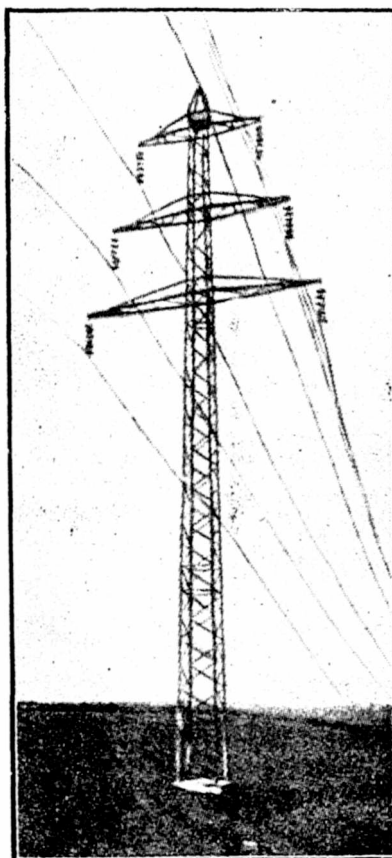
Fabryka Czesko-Morawska fabrykuje lokomotywy parowe wszelkich typów, walce parowe, urządzenia cukrowni, kotły parowe systemu „Fairbairna”, „Meunier'a” i „Tischbeina” oraz



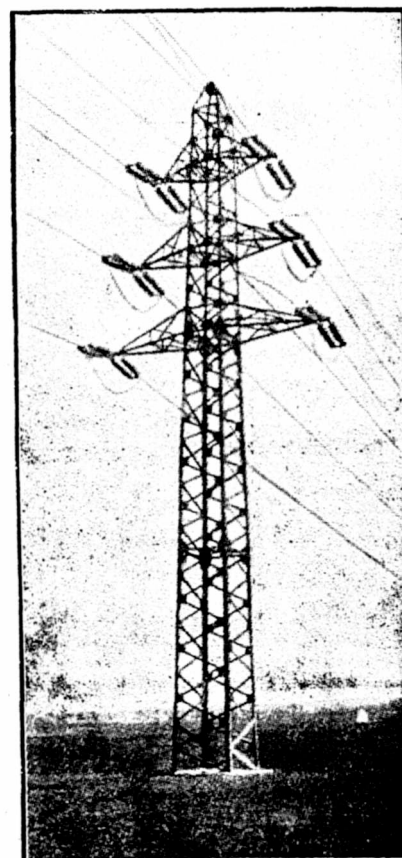
Kotłownia i maszynownia. Przekrój poprzeczny.



Słup kratowy na przejściu przez rzekę Wełtawę.



Słup przelotowy.



Słup odporowy.

i przewodów na 110 kW, wykonanych przez Czesko-Morawską Kolben, pochodzi z wytwórni czeskich.

Zakłady Czesko-Morawska „Kolben” w Pradze—Wysoczany.

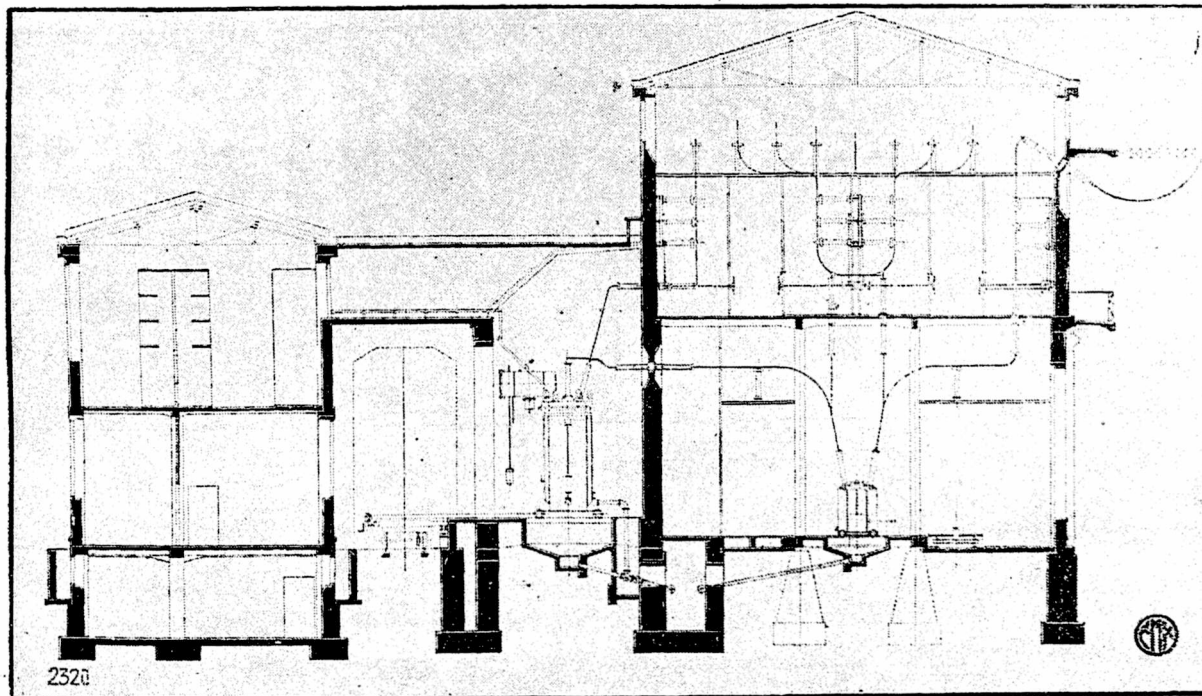
Powstały one z fuzji dokonanej w roku 1921 firmy pod nazwą „Pierwsza Czesko-Morawska Fabryka Maszyn”, założonej w roku 1871, z firmą „T-wo Akc. Elektrotechniczne,

kotły stromorurkowe systemu „Słodka”, ruszty mechaniczne, maszyny parowe lokomobile, motory dyzłowskie, pompy łukowe i odśrodkowe, turbiny wodne, urządzenia chłodnicze, urządzenia dla centralnego ogrzewania i wentylacji, rurociągi parowe, wszelkiego rodzaju podnośniki, windy i żórawie, kolejki wiążące, maszyny kopalniane, mosty i inne tym podobne urządzenia mechaniczne i konstrukcje żelazne. Złączona z tą fabryką fabryka samochodów wykonywa znane samochody „Praga”.

Fabryka „Kolbena“ wykonywa generatory elektryczne i turbogeneratory, wszelkich rodzajów prądnice i silniki, również i tramwajowe. Lokomotywy elektryczne, transformatory, przyrządy rozdzielcze wysokiego napięcia aż do 110 kV, na podstawie licencji, zakupionej od firmy Westinghouse, lampy

Spółka Akcyjna dawniej Zakłady Skody w Pilźnie.

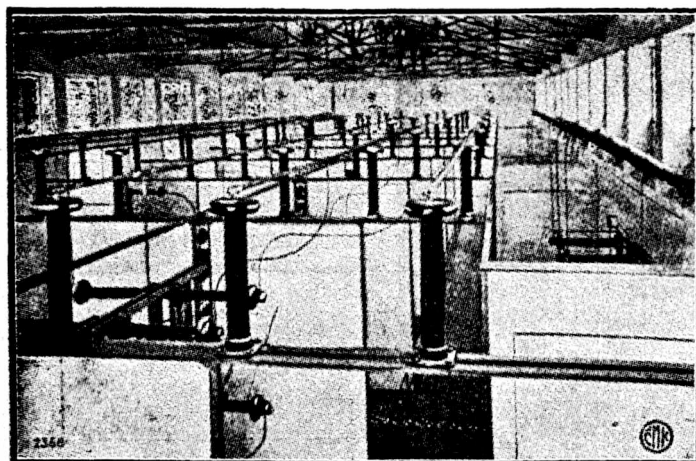
Zakłady te w obecnej ich formie powstały z fuzji licznych fabryk, a historia ich jest bardzo dawna, gdyż wchodząca w ich skład fabryka Ringhoffer'a w Pradze powstała w roku 1771, fabryka Ruston i Evans sięga roku 1832, fabryka Märky, Bro-



Rozdzielnia 110 kV. Przekrój poprzeczny.

projekcyjne największych rozmiarów, słupy kratowe i sprzęt do budowy linii wysokiego napięcia, liczniki elektryczne, wrzście całe drobny sprzęt dla instalacji elektrycznych. Jeżeli chodzi o główną elektryfikację, to koncern ten wykonywa wszystkie urządzenia dla niej potrzebne, z wyjątkiem turbin pa-

movsky i Schultz — roku 1874, fabryka zaś Hr. Waldsteina, później E. Skody — roku 1859. Połączone te zakłady, których ostateczna fuzja nastąpiła w roku 1921, posiadają 8 fabryk, w różnych miejscowościach i 5 kopalni węgla. Wycieczka miała sposobność zwiedzić fabrykę mechaniczną w Pilźnie i elektryczną w Doudlewcach.



Szyny zbiorcze.

rowych, co do których stoi w porozumieniu z firmą „Breitfeld-Danek“, a obecnie mowa jest nawet o fuzji z tą firmą. Zakłady C. M. K. zajmują przestrzeń około 520 000 m², z czego 100 000 m² — pod budynkami.

Pod względem nowoczesności urządzeń, a także i dobroci wyrobów, jak mieliśmy możność zauważyć to w elektrowni Ervenickiej nie ustępują one najpoważniejszym zakładom zagranicznym.

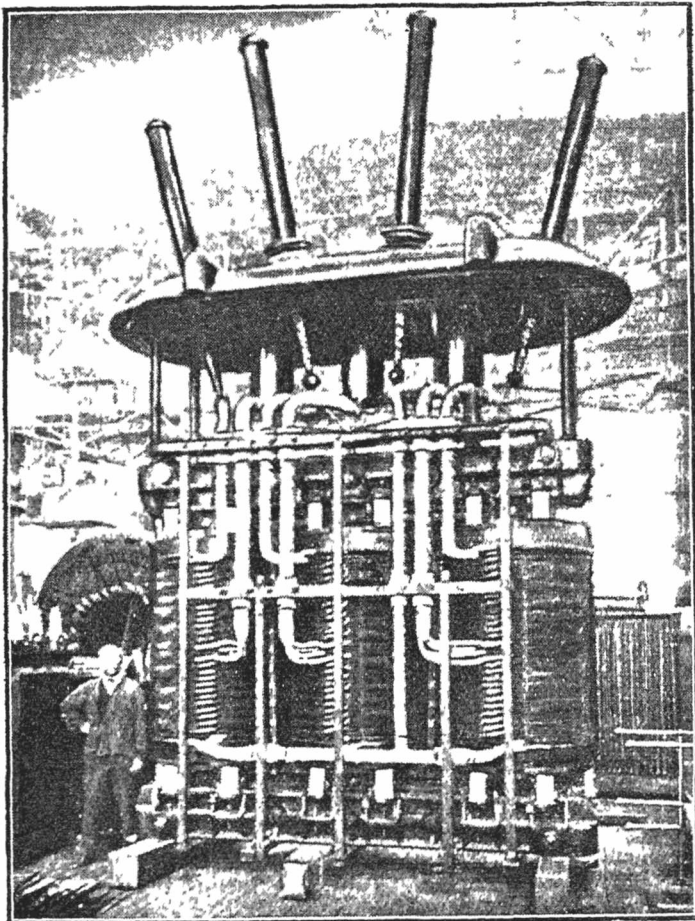
Co się tyczy wytworów tego potężnego koncernu, którego jak słyszeliśmy, większość akcji znajduje się obecnie w ręku zakładów Schneider et Co., w Creusot, to przed wojną i podczas wojny zyskał on sobie sławę przede wszystkim fabrykacją broni, sławne były ich 30,5 cm haubice motorowe, które zdobyto Liege.

Po wojnie, nie przestając fabrykacji broni w bardzo zmniejszonym zakresie w osobnej fabryce, do której nie mieliśmy dostępu, musiały zakłady te dostosować się do produkcji pokojowej przy równoczesnej całkowitej reorganizacji i ekonomizacji.

Fabryka w Pilźnie i w obok położonych Doudlewcach, które obsługuje własna elektrownia oraz elektrownia, znajdująca się w innej fabryce koncernu w Nyranach, obie o łącznej mocy 32 000 kW, posiadają wielką stalownię, odlewnię, kuźnię, sprężyniarnię, zakład budowy lokomotyw parowych i elektrycznych, blacharnię, mostownię, zakłady budowy maszyn i obrabiarek, kotłów, turbin wodnych i parowych, zakłady budowy elektrycznych prądnic, silników, transformatorów i aparatów elektrycznych, wytwórnię kół zębatach i fabrykę samochodów, w której budują się także sławne luksusowe samochody „Hispano-Suiza“. Zakłady te budują mniej więcej to samo, co wymienione powyżej zakłady C. M. K., z wyjątkiem drobnego elektrycznego sprzętu instalacyjnego, natomiast wykonują turbiny parowe, a wyroby ze stali lanej i kowane, jak rotory turbogeneratorów, i różne potężne części stalowe dla budowy

okrętów wykonywane są nawet na zamówienia fabryk i stoczni zagranicznych, także niemieckich i angielskich.

Z wyrobów nas bardziej interesujących wymiermy koszty stromorurkowe własnego systemu, które o wysokości ciśnienia do 40 kg/cm², (próby są robione z kotłami o wyższym ciśnieniu) następnie opisane powyżej ruszty systemu Łomżańskiego i turbi-



Transformator 6.3/110 kV, 20 000 kVA.

ny parowe systemu Curtisa do 30 000 kW przy 3 000 obrotów i do 50 000 kW przy 1 500 obrotów, turbiny z odbiorem pary i przeciwpięznie. Zwróciliśmy uwagę na precyzyjne wykończenie

W fabryce elektrycznej wycieczka oglądała wyrób we wszystkich jej stadjach turbogeneratorów, transformatorów, silników, lokomotyw elektrycznych dla elektryfikacji praskiego węzła kolejowego, wreszcie aparatów aż do 110 kV napięcia.

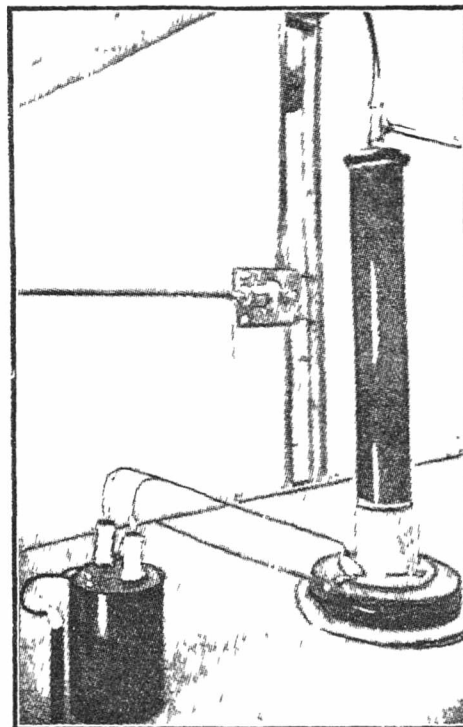
I tu mogła się wycieczka przekonać, że przemysł czesłowacki skutecznie konkurować może z przemysłem zagranicznym.

Browar mieszczański w Pilźnie.

Wprawdzie przemysł piwowarski nie należy do przemysłów szczególnie interesujących elektryków, jednak nie można było być w Pilźnie a nie odwiedzić tego największego i najstawniejszego na kontynencie „Prazdroju”. W krótkości więc nadmienić trzeba, żeśmy i ten zakład zwiedzili, gościnnie oprowadzani a potem nektarem tym uraczeni przez członków Zarządu. Wspomnę tylko, że browar ten istnieje od roku 1842 i że piwa tego wyrabiał przed wojną milion hektolitrowo rocznie, a obecnie produkuje przeszło 800 000 hktl. Jak twierdzą tamtejsi znawcy swój smak zawdzięcza on nietylko użyciu surowców najlepszego gatunku i sposobom fabrykacji, ale przede wszystkim specyficznemu klimatowi piwnic, w których odbywa się proces fer-

mentacji. Piwnice te o łącznej długości 9 km wykute są w li-tej skale z piaskowca.

Na tem konieco naszej krótkiej, lecz nadzwyczaj interesującej wycieczki do Pilzna nie mogliśmy zwinąć część ma-lowicza o jej przynależności do przemysłu, jego pięknej stolice, w której to ośrodku przemysł i przypa-trzeć się zapożyczyć w jej pracy nad jego rozwojową.



Przepusty sufitowe z transformatorami.

Sądzę, że będę wyrazicielem wszystkich uczestników wycieczki, jeżeli raz jeszcze wyrażę podziękowanie wszystkim, którzy nas tak serdecznie i gościnnie tam przyjmowali.

Wiadomości Techniczne.

Statystyka wypadków porażenia prądem. na uwagę zasługują wyniki statystyki państwa niemieckiego w dziale ubezpieczeń od wypadków. W roku 1924 wypadków takich, za które przyznano odszkodowanie, było 80 820, w tej liczbie tylko 599, to znaczy około 0,74 proc. przypadło na porażenia prądem elektrycznym. Ni więcej wypadków spowodował upadek ze schodów, drabin i t. p., mianowicie 16 536, co stanowi 22,3 procent.

Jeszcze charakterystyczniejsze liczby wynikają z zestrze-wienia całej ilości ubezpieczonych z ilością wypadków porażenia prądem.

Ubezpieczonych było 27 milionów i z tej wielkiej bardzo liczby osób porażeniu prądem uległo tylko 599, a więc 2,7 setnych części pro mille.

Stąd wniosek, że w praktyce społecznej, przynajmniej w Niemczech, prąd elektryczny powoduje bardzo niewielki odsetek wypadków porażenia.

Pomimo to jednak zawsze należy uświadamiać ogół techników i wogóle szeroką publiczność, że z prądem elektrycznym igrać nie można, gdyż jest to czynnik silny wobec słabych nerwów człowieka.

Liczy zacierjnięte z ETZ. 1927, str. 642.

Z Polskiego Komitetu Elektrotechnicznego.

Sprawozdanie bieżące P. K. E.

Prezydjum P. K. E.

Posiedzenie dnia 28.IV.1927 r.

Oprawiano sprawy finansowe, nasuwające się w związku ze zwłoką w zatwierdzeniu przez Ministerstwo Robót Publicznych preliminarza wydatków na II-gi kwartał kalendarzowy rb.

Przyjęto do wiadomości zawiadomienie o wyjeździe inż. Krulisza do Berlina na posiedzenie Międzynarodowej Komisji symboli graficznych teletechniki i radjotechniki, w charakterze rzeczoznawcy P. K. E.

Przyjęto do wiadomości, że Elektrownia Okręgowa w Zagłębiu Dąbrowskiem przeznaczyla na prace P. K. E. sumę zł. 500.—

Posiedzenie dnia 17.V.1927 r.

Oprawiano z Naczelnikiem Wydziału Elektrycznego Min. Rob. Publ. sprawę reorganizacji P. K. E. w duchu oparcia tegoż na silniejszych podstawach materialnych i ściślejszego określenia jego praw i obowiązków.

Posiedzenie dnia 4.VI.1927 r.

Załatwiono ostatecznie sprawę zmian w redakcji spornych ustępów w Przepisach budowy i ruchu w ten sposób, że opuszczono p. 2 § 63 i we wstępie dodano ustęp o zwalczaniu tandety elektrotechnicznej.

Oprawiano sprawę reorganizacji Sekcji przepisowej, w związku z opracowanym przez Biuro projektem rozdziału władz i organów P. K. E., jak również sprawę unormowania stosunku P. K. E. do Ministerstwa Robót Publicznych.

Przyjęto do wiadomości sprawozdania z prac Sekcji przepisowej. Ze sprawozdania tego wynika, że: Komisja przepisów budowy i ruchu urządzeń elektrycznych w kopalniach węgla zbiera materiały i układa schemat przepisów na korzystanie z sieci prądu silnego o nap. roboczym do 230 V., jako z anten lub uzemień przy odbiorze radjofonicznym, tudzież projekt norm na oprawki do lamp katodowych odbiorczych. Komisja przepisów badania i oceny maszyn elektrycznych jest zajęta opracowywaniem przepisów badania i oceny transformatorów. Komisja do walki z porażeniami elektrycznymi opracowała projekt memorjału, plakatu ostrzegawczego, oraz formularza statystycznego. Komisja przepisów na urządzenia dźwigowe opracowała i rozesłała projekt przepisów technicznych na urządzenia dźwigowe w II-iej redakcji do zaopiniowania zainteresowanym władzom i instytucjom. Komisja przepisów na urządzenia elektryczne w kinematografach opracowała i rozesłała do zaopiniowania zainteresowanym władzom i instytucjom III-ą redakcję projektu przepisów technicznych na urządzenia elektryczne w kinematografach, tudzież projekt kwalifikacji dla mechaników kinematograficznych.

Postanowiono ogłosić w Przeglądzie Elektrotechnicznym ostateczny tekst wskazówek ratownictwa, oraz wydać je w postaci broszury i tablic ściennych.

Przyjęto do wiadomości sprawozdanie z prac Sekcji współpracy międzynarodowej, podjętych w związku z Kongre-

sem C. E. I., mającym odbyć się we wrześniu r. b. we Włoszech. Komisja przygotowała cały szereg propozycji, projektów i opinii P. K. E., w sprawach, poruszonych na ostatnim Kongresie w Nowym Yorku z dziedziny słownictwa, symboli graficznych, napięć, maszyn elektrycznych, trakcji i radjotechniki. Prace te zostały przetłumaczone i przesłane do biura centralnego C. E. I. w Londynie, gdzie będą drukowane dla rozdziania uczestnikom Kongresu.

W związku z tym Kongresem, postanowiono zwrócić się do Związku Przedsiębiorstw Komunikacyjnych z propozycją wysłania wspólnego delegata do Włoch, na posiedzenia Komitetu Technicznego silników trakcyjnych.

Kilkakrotnie poruszana zagranicą myśl zjednoczenia międzynarodowych organizacji elektrotechnicznych, względnie skoordynowania ich działalności, została rozwinięta w referacie sekretarza generalnego (Przeł. Elektr., zesz. 11, str. 232), napisanym w odpowiedzi na wezwanie C. E. I. do wypowiedzenia się w tej sprawie. Przyjęto tezy autora, co do złączenia wszystkich organizacji w kilka grup, z których wyłonilby się Komitet porozumiewawczy mający na celu uzgadnianie spraw obchodzących cały ogół organizacji, ustalanie dogodnych terminów konferencji i t. p.

Przyjęto prowizoryczne zestawienie rachunków za I-sze półrocze r. b., wykazujące poważne saldo w przychodzie.

Na wniosek Min. Rob. Publ. postanowiono delegować do Rypina członka Komisji radjotechnicznej, por. St. Jasińskiego, w charakterze eksperta dla zbadania przeszkód w odbiorze radjofonicznym, powodowanych rzekomo wadliwą działalnością elektrowni miejskiej.

Przyjęto do wiadomości, że wyszedł z druku Nr 8 Wiadomości P. K. E.

Posiedzenie dnia 18.VI. 1927 r.

Sprawa reorganizacji P. K. E., w związku z rozdziałem kompetencji władz i organów Komitetu, jak również sprawa unormowania stosunku jego do Min. Robót Publ. została odłożona do jesieni, wobec potrzeby gruntownego przestudjowania tych spraw i przeprowadzenia niezbędnych pertraktacji.

Wobec zrezygnowania Prezesa P. K. E. z wyjazdu na Kongres C. E. I. we Włoszech, wybrano prof. Drewnowskiego, Sekretarza Generalnego, na przewodniczącego polskiej delegacji.

Przyjęto do wiadomości, że wyszły z druku „Przepisy budowy i ruchu urządzeń elektrycznych prądu silnego” (projekt). Ustalono cenę sprzedażną i postanowiono, że nabywać je będzie można w Biurze P. K. E. (w ilościach powyżej 10 egz.), oraz w Księgarni Technicznej (sprzedaz detaliczna).

Wyszły również z druku normy PPNE-8 „Izolatory linjowe wysokiego napięcia”.