

malnej. Kadłub transformatora owijamy na ten czas ścierkami lub czyściwem, żeby ciepło nie uchodziło. Osiągnąwszy pożądaną temperaturę, należy pewien czas przeczekać, dopóki na powierzchni oliwy ukazywać się będą bąbelki.

Co się tyczy dozwolonej temperatury zagrzania przy właściwym połączeniu transformatora i przy obciążeniu, to pod tym względem obowiązują przepisy podane wyżej (§ 30). W transformatorach olejowych mierzymy temperaturę górnej warstwy oliwy.

Zaciski transformatorowe, szyny i kable łączące znaczymy lub pociągamy odmiennymi barwami, aby odróżnić wysokie napięcie od niskiego i rozpoznać przewody, należące do jednej fazy. Niższe napięcie oznaczamy zwykle literami *r, s, t*, a napięcie wyższe literami *R, S, T*.

Transformatornia powinna być zabezpieczona od deszczu i śniegu, przewietrzana prądem powietrza w kierunku od podłogi do sufitu i niedostępna dla osób postronnych (zamykana na klucz). Chcąc podejść do transformatora, należy odłączyć go zarówno od strony wysokiego napięcia, jak niskiego (§ 25).

Niedokładności w maszynach.

§ 33. Zagrzanie się łożysk.

Przyczyny: niedostateczne smarowanie, nieodpowiedni gatunek oliwy, za ciasne panewki, nierówne ustawienie maszyny, zbytne wyprężenie pasa.

Łożyska mogą zagrzać się nadmiernie wskutek wadliwego działania pierścieni smarowniczych, a więc sprawdzamy, czy pierścienie nie wykrzywiły się, czy wirują z wałem, czy są we właściwym miejscu i czy są dostatecznie zanurzone w oliwie. W wypadkach wyjątkowych możemy polepszyć smarowanie, zmieniając pierścienie na większe. Usunąwszy starą oliwę, panewki wyskrobujemy, dostosowujemy do wału (§ 27).

przemywamy naftą, zlekką posypujemy mialkim grafitem i ponownie nalewamy świeżą oliwę w najlepszym gatunku (§ 30). Maszyny nierówno sprzężone trzeba przemontować (§ 27), a pas zbyttnio wyprężony zlużować przez zbliżenie maszyny (na saniach).

§ 34. Iskrzenie kolektora.

Iskrzenie może wynikać z winy: 1) kolektora, 2) szczotek, 3) uzwojenia twornikowego, 4) uzwojenia magnesowego, 5) prędkości biegu i 6) obciążenia. Przyczyny:

1) Nadmierne smarowanie, smarowanie nieodpowiednim tłuszczem, nierówny i niecylin-dryczny kolektor.

Iskrzenie staramy się usunąć przez obmycie powierzchni benzyną, przez wyskrobanie wystającej miki, a gdy to nie pomoże — przez szlifowanie lub obtoczenie kolektora (§ 31).

2) Niewłaściwe położenie szczotek, zbyt silny nacisk, niezupełne przyleganie, niedostateczna liczba szczotek, nieodpowiedni gatunek.

Gdy przedstawienie szczotek nie usuwa iskrzenia, wówczas mierzymy odstępy między rzędami i sprawdzamy siłę nacisku (§ 31). Szczotki, przylegające do kolektora tylko częścią powierzchni stykowej, wywołują również iskrzenie. Iskrzenie, które zjawilo się po zmianie szczotek, dowodzi bądź niedostatecznej liczby szczotek, bądź nieodpowiedniego gatunku. Potrzebną liczbę szczotek obliczamy według prądu, dopuszczalnego na 1 mm² powierzchni styku (§ 31).

3) Przerwa w uzwojeniu twornikowym.

Uszkodzenie powyższe poznajemy z łatwością po przepalonej izolacji mikowej między wycinkami kolektora. Zézwój przerwany łączy się właśnie z temi wycinkami. Zwykle znajdujemy uszkodzenie w drutach między bębmem twornikowym a kolektorem. Naprawa polega na zlutowaniu lub zamianie przerwanego zwoju. Nim to jednak nastąpi, możemy przez pewien czas korzystać z maszyny, połączywszy odpowiednie wycinki kolektora między sobą.

4) Zwarcie w uzwojeniu magnesowem (rys. 83), odwrotny kierunek prądu w jednym lub kilku magnesach.

W maszynach wielobiegunowych odnajdujemy zwarcie przez sprawdzenie temperatury wszystkich biegunów. Biegun uszkodzony lub ominięty będzie chłodny, pozostałe zaś — rozgrzane nadmiernie. Inny sposób polega na zmierzeniu napięcia, panującego w poszczególnych biegunach. Uszkodzony biegun wykaże napięcie niższe, biegun ominięty — zupełny brak napięcia.



Rys. 83.

Kolejność biegunów sprawdzamy busolą (§ 3) i w ten sposób wykrywamy odwrotną biegunowość (odwrotny kierunek prądu) jednego lub kilku magnesów. Najczęściej zdarza się błędne zestawienie magnesów głównych ze zwrotnymi (rys. 53 i 54), przyczem uszeregowanie biegunów głównych między sobą i zwrotnych między sobą może być zupełnie poprawne.

Zwarcia lub połączenia błędne w uzwojeniu magnesowem (bieguny ominięte lub wadliwe) a także przerwy w tem uzwojeniu są szczególnie niebezpieczne dla silników. Wskutek bowiem osłabionego magnetyzmu silnik wzmagą prędkość obrotu (§ 16) i może się rozbiegać.

5) Nadmierna prędkość biegu przy napięciu normalnem.

Dotyczy to prądnic. Prądnicą pędzona z nadmierną prędkością musi otrzymać słabsze wzbudzenie, aby nie przekroczyć napięcia normalnego. Przy obciążeniu prądnicy powstają w osłabionem polu magnetycznem znaczne zakłócenia (§ 11), które wywołują iskrzenie. Prędkość biegu należy zmniejszyć i ściśle dostosować do liczby obrotów, podanej na tabliczce.

6) Przeciążenie maszyny.

§ 35. Zagrzanie się twornika.

Twornik może zagrzzać się nadmiernie z winy: 1) uzwojenia twornikowego, 2) wzbudzenia, 3) kolektora i 4) obciążenia. Przyczyny:

1) Zwarcie w uzwojeniu twornikowym (rys. 84)

Zwarcie może nastąpić w samym uzwojeniu (od uderzenia, wilgoci, napływu oliwy), lub między wycinkami kolektora (z pyłu miedzianego lub węglowego).

Zwarcie poznajemy po zapachu spalenizny. Część bowiem zwarta uzwojenia twornikowego zagrzewa się od nadmiernego prądu i spala swą powłokę izolacyjną. Niezależnie od tego, silniki z uszkodzonym uzwojeniem twornikowym wyróżniają się biegiem nierównomiernym, szarpanym. Uzwojenie wymaga rewizji, a zwoje z izolacją węgloną — zamiany na nowe.



Rys. 84.

2) Niedostateczna prędkość biegu przy napięciu normalnym lub zwiększone napięcie przy prędkości normalnej.

Dotyczy to prądnic. Prądnicą, pędzona z niedostateczną prędkością, musi otrzymać silniejsze wzbudzenie, aby osiągnąć napięcie normalne. Również silniej musi być wzbudzona maszyna, dająca napięcie zwiększone przy normalnej prędkości. W jednym i drugim wypadku pod wpływem wzmożonego magnetyzmu maszyna zużywa za wiele pracy na przemagnesywanie rdzenia i na wzniesienie w nim prądów wirowych (§ 3). Praca ta zupełnie bezużyteczna objawia się w tworniku w postaci podniesionej temperatury. Napięcie i prędkość należy dostosować do norm, wskazanych na tabliczce.

3) Iskrzenie kolektora.

Wskutek iskrzenia wzrasta temperatura nie tylko w kolektorze, lecz i w całym tworniku. Wszystkie zatem przyczyny, wpływające na iskrzenie, a wyłuszczone w § 34, przyczyniają się pośrednio do wzrostu temperatury w tworniku.

4) Przeciążenie maszyny.

§ 36. Zagrzanie się magnesów.

Przyczyny: zwarcie w uzwojeniu magnesowym (§ 34 p. 4), niedostateczna prędkość biegu przy

napięciu normalnem lub zwiększone napięcie przy prędkości normalnej (§ 35 p. 2).

W razie zwarcia magnesy uszkodzone lub ominięte zagrzewają się mniej, pozostałe więcej. W ostatnich dwóch wypadkach wszystkie magnesy zagrzewają się jednakowo.

§ 37. Prądnicą nie daje napięcia.

Badanie prądnicy, nie dającej napięcia, prowadzimy w sposób następujący. Przedewszystkiem sprawdzamy stan kolektora i położenie szczotek, brak bowiem napięcia może wynikać z wystawiania miki lub wadliwego położenia szczotek. Gdy doprowadzenie do porządku kolektora i szczotek nie da pożądanego wyniku, próbujemy wzbudzić prądnicę obcym prądem (§ 28), przyczem w magnesach zachowujemy poprzednią biegunowość. Może się zdarzyć, iż maszyna nie wyda napięcia nawet przy obcym wzbudzeniu, a wówczas niewątpliwie znajduje się przerwa w uzwojeniu magnesowem lub w oporniku.

W większości jednak wypadków, pod wpływem obcego wzbudzenia, maszyna napięcie wyda. Poszukiwanie niedokładności prowadzimy dalej, a przedewszystkiem sprawdzamy biegunowość zacisków maszynowych (§ 2). W razie niezgodności biegunów, gdy zacisk oznaczony plusem (+) jest biegunem ujemnym, a oznaczony minusem (—) jest dodatnim, mamy jasny dowód, iż niedokładność prądnicy samowzbudnej polega na wadliwym przyłączeniu uzwojenia magnesowego. Prąd płynie w tem uzwojeniu w kierunku odwrotnym i, zamiast wzmacniać, niweczy magnetyzm szczątkowy. Wystarczy przełożyć końce uzwojenia magnesowego, by prądnicą stała się zdolną do pracy.

W razie zaś zgodności biegunów, gdy zacisk oznaczony plusem (+) jest biegunem dodatnim, a oznaczony minusem (—) jest ujemnym, musimy prądnicę badać w dalszym ciągu. Trudność wzbudzenia mogła wypłynąć bądź z zaniku magnetyzmu szczątkowego, bądź też z przerwy lub

zwarcia w uzwojeniu twornikowym. Niedokładności powyższe wykryjemy również przy obcym wzbudzeniu. Przepalona mika i iskrzenie kolektora wskazywać będzie na przerwę w uzwojeniu twornikowym (§ 34 p. 3), zwarcie zaś ujawni się przez zapach spalenizny i zagrzanie części uzwojenia (§ 35 p. 1).

Chcąc wykryć zwarcie w maszynie niewielkiej, zamiast ją pędzić, kręcimy ręcznie przy obcym wzbudzeniu magnesów. Twornik z wadliwym uzwojeniem wymaga przy obracaniu znacznie większego wysiłku, niż twornik zdrowy.

§ 38. Silnik nie rusza.

Badanie silnika, który nie dał się uruchomić w stanie obciążonym, prowadzimy w sposób następujący. Sprawdząwszy stan kolektora i położenie szczotek, próbujemy puścić maszynę w ruch bez obciążenia (odnosi się to do silników bocznikowych i szeregowo-bocznikowych). Gdy maszyna bez obciążenia ruszy o własnej sile lub przy pewnej pomocy ręcznej, musimy sprawdzić połączenie maszyny z rozrusznikiem. Według wszelkiego prawdopodobieństwa połączenie to jest błędne (rys. 85), a mianowicie rozrusznik niepotrzebnie zmniejsza prąd w obwodzie magnesowym i utrudnia rozruch. Po odpowiednim przełączeniu (rys. 55, 56, 57) rozrusznik będzie zmniejszał napięcie tylko dla gałęzi twornikowej, a silnik podoła swemu obciążeniu.

Gdy jednak silnik nie ruszy nawet bez obciążenia, wówczas musimy dalej prowadzić poszukiwanie niedokładności. Przyłączywszy do sieci, próbujemy silnik obracać ręcznie. Łatwość obracania wskazywałaby na brak magnetyzmu albo na brak prądu w tworniku. W pierwszym wypadku odnajdziemy w uzwojeniu magnesowym (§ 34 p. 4) przerwę, zwarcie (bieguny ominięte) lub odwrotny kierunek prądu (bieguny wadliwe), w drugim wypadku odnajdzie-



Rys. 85.

my przerwę w uzwojeniu twornikowym lub rozruszniku.

Natomiast trudność ręcznego obracania twornika dowodziłaby zwarcia w uzwojeniu twornikowym (§ 35 p. 1 i § 37).

§ 39. Niedokładności przy prądzie zmiennym.

1) Prądnica nie daje napięcia. Przyczyny: niedokładność maszyny wzbudzającej, przerwa w uzwojeniu magnesowym lub oporniku, zwarcie w uzwojeniu magnesowym lub pierścieniach, przerwa w uzwojeniu twornikowym.

Brak napięcia w magnesach wskazuje na niedokładność maszyny wzbudzającej (§ 37), brak zaś prądu w maszynie wzbudzającej na przerwę w zwojach magnesowych, a nadmiar tego prądu dowodzi zwarcia.

2) Prądnica daje napięcie niepełne. Przyczyny: zwarcie lub odwrotne połączenie części uzwojenia twornikowego, zwarcie lub odwrotne połączenie części uzwojenia magnesowego.

Brzęczenie i zapach spalenizny ujawnia zwarcie w zwojach twornikowych. Nierówne napięcie w poszczególnych fazach dowodzi wady w uzwojeniu twornikowym, a napięcie zupełnie równe dowodzi niedokładności w uzwojeniu magnesowym.

3) Iskrzenie pierścieni. Przyczyny: powierzchnia nierówna lub zanieczyszczona, zwarcie między pierścieniami.

4) Zagrzanie się silnika trójfazowego. Przyczyny: zwarcie w kadłubie lub wirniku, w jednej fazie lub między fazami, przerwa w uzwojeniu wirnikowym, za wielka częstotliwość prądu.

W każdym z tych wypadków silnik wykazuje nie tylko podwyższoną temperaturę, lecz również zmniejszoną siłę pociągową. Zwarcie odnajdujemy w tej części maszyny, która ogrzała się nadmiernie. W razie zwarcia w kadłubie maszyna

czepie zbyt wiele prądu, a wrazie zwarcia w wirniku silnie brzęczy.

Przerwa w uzwojeniach wirnikowych ujawnia się przez zagrzanie się wirnika i zwolnienie biegu. Liczba obrotów spada do połowy. W wirnikach pierścieniowych zwykle odnajdujemy przerwę (zły kontakt!) między szczotką a pierścieniem, w wirnikach zaś zwartych między poszczególnymi drutami a pierścieniem łączącym.

Nadmierną częstotliwość prądu (§ 2) wykryjemy, sprawdzając liczbę obrotów prądnicy wytwarzającej prąd (§ 13).

5) Silnik nie rusza. Przyczyny: przerwa w uzwojeniu kadłubowem, odwrotne połączenie jednej fazy kadłuba, tarcie wirnika o kadłub, niedokładność rozrusznika.

Brak prądu w jednej z faz naprowadza nas na przerwę w uzwojeniu, nierówność zaś prądów w poszczególnych fazach — na odwrotne połączenie jednej z faz. Wada połączenia polega na przełożeniu końców fazy: koniec zamiast początku, początek zamiast końca. Gdy po włączeniu silnika wirnik drgnie, sprawdzamy szczelinę między wirnikiem a kadłubem. Niewątpliwie szczelina jest nierówna (§ 27), a silnik zahamowany wskutek tarcia wirnika o kadłub.

6) Silnik nie da się obciążyć należycie. Przyczyny: napięcie zbyt niskie, błędne połączenie kadłuba w gwiazdę zamiast w trójkąt (§ 19), za wielką częstotliwość prądu (§ 39 p. 4).

7) Zagrzanie się transformatora. Przyczyna: zwarcie w uzwojeniu.

Objawy: nadmierne zużycie prądu, nierówne napięcie w poszczególnych fazach uzwojenia wtórnego, zapach spaliny.

A k u m u l a t o r y .

§ 40. Ustrój i własności.

Akumulatory (zasobniki) mają na celu przechowywanie energii elektrycznej, którą otrzymują i oddają w postaci prądu stałego. Pewna liczba pojedynczych ogniw akumulatorowych, połączona w szereg, nazywa się baterją. Baterja akumulatorowa zwykle połączona jest równoległe z prądnicami, przyczem:

1) pomaga prądnicom, biorąc na siebie część obciążenia;

2) zastępuje je w czasie normalnego postoju (baterja oświetleniowa w porze nocnej), lub w razie uszkodzenia maszyn (baterja zapasowa);

3) wyrównywa obciążenie prądnic i wyrównywa napięcie sieci przy obciążeniu zmiennem (baterja wyrównacza); wreszcie

4) umożliwia dzielenie napięcia sieci na części, np. na dwie połowy w sieciach trójprzewodowych (§ 4).

Podczas ładowania akumulatory otrzymują prąd z zewnątrz i odgrywają rolę odbiorników, w czasie zaś wyładowania wysyłają prąd do sieci, czyli pracują jako źródło prądu. Baterja wyrównawcza naprzemian ładuje się i wyładowuje w zależności od obciążenia. Mówimy wówczas, iż baterja prąduje.

Akumulator składa się z rzędu płyt ołowianych, zanurzonych w roztynie kwasu siarkowego. Płyty, stanowiące biegun dodatni akumulatora, nazywamy dodatnimi (plusowemi +), a płyty na biegunie ujemnym — ujemnymi (minusowemi —). Pierwsze z nich mają zwykle powierzchnię karbowaną barwy brunatnej, drugie — dziurkowaną jasno popielatą. Dodatnie — pokryte są pewnym związkem chemicznym (dwutlenkiem ołowiu), ujemne — nadziane masą ołowianą.

Płyty dodatnie ułożone są naprzemian z ujemnymi (na rys. 86 5 płyt dodatnich i 6 ujemnych), przyczem tak jedne, jak i drugie połączone są między sobą równoległe. Dla zacho-

wania należytego odstępu zakładamy między płytami sąsiednimi bądź:

- 1) rurki szklane, bądź
- 2) pałeczki i przepony drewniane.

Drugi sposób odosabniania płyt zapomocą deseczek najpewniej zabezpiecza akumulatory od zwarcia i dlatego wchodzi coraz więcej w użycie.

Naczynia bywają szklane (słoje) albo drewniane, wyłożone wewnątrz blachą ołowianą. Między dolną krawędzią płyt a dnem pozostawiony jest odstęp, przeznaczony do mułu. Muł pochodzi z płyt ołowianych i osadza się na dnie.

Tęgość kwasu siarkowego stopniowo wzrasta przy ładowaniu, a przy wyładowaniu — spada. Kwasomierz czyli areometr Beaumé (czytaj „Bome“) zanurza się w akumulatorze naładowanym do 24°, a w wyładowanym do 21°.

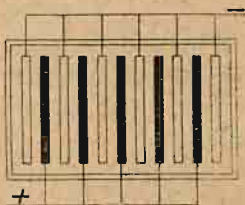
Zamiana stopni Beaumé na ciężkość właściwą (ciężkość właściwa wody czystej = 1):

17,7° B	odpowiada	ciężkości właściwej	1,14
18,8° B	„	„	1,15
19,8° B	„	„	1,16
20,9° B	„	„	1,17
22° B	„	„	1,18
23° B	„	„	1,19
24° B	„	„	1,20
25° B	„	„	1,21
26° B	„	„	1,22
26°,9 B	„	„	1,23

Przy ładowaniu napięcie akumulatora wzrasta z 2,2 V do 2,5 V, a w czasie przeładowania nawet do 2,7 V, przy wyładowaniu zaś stopniowo spada z 2 V do

1,83 V — przy powolnem wyładowaniu (od 3 do 10 godzin).
lub do

1.75 V — przy prędkim wyładowaniu jednogodzinnem.



Rys. 86.

Liczby te są granicą, poniżej której nie wolno wyładowywać akumulatorów.

Ilość elektryczności, którą akumulator może wydać w czasie wyładowania, nazywamy pojemnością lub wydajnością. Pojemność mierzymy amperogodzinami i obliczamy, mnożąc liczbę amperów przez liczbę godzin wyładowania:

$$\text{amperogodziny} = \text{ampery} \times \text{godziny}.$$

Pojemność akumulatora nie jest wielkością stałą. Wyładowując prądem mniejszym, możemy otrzymać z akumulatora większą ilość elektryczności, niż przy wyładowaniu prądem większym.

Przykład: Akumulator przy 45 A wyładowuje się w ciągu 3 godzin, a przy 18 A — w ciągu 10 godzin. Obliczyć pojemność.

Pojemność przy 3-godzinnem wyładowaniu wynosi

$$45 \times 3 = 135 \text{ amperogodzin},$$

a. przy 10-godzinnem wyładowaniu

$$18 \times 10 = 180 \text{ amperogodzin}.$$

Akumulatory najczęściej używane.

Największy prąd przy ładowaniu i wyładowaniu	Pojemność przy wyładowaniu		Waga ogniwa bez kwasu	Ilość kwasu do ogniwa
	3-godzinnem	10-godzinnem		
9 A	27 A-godz.	36 A-godz.	8,3 kg.	4 litry
18 "	54 "	73 "	13,4 "	6 "
27 "	81 "	109 "	18,3 "	9 "
36 "	108 "	145 "	23,6 "	11 "
45 "	135 "	181 "	28,2 "	13 "
54 "	162 "	218 "	33,1 "	16 "
72 "	216 "	290 "	44,8 "	20 "
90 "	270 "	363 "	76,1 "	21 "
108 "	324 "	435 "	60,3 "	22 "
126 "	378 "	508 "	69,7 "	27 "
144 "	432 "	580 "	80,2 "	30 "
162 "	486 "	653 "	88,6 "	31 "

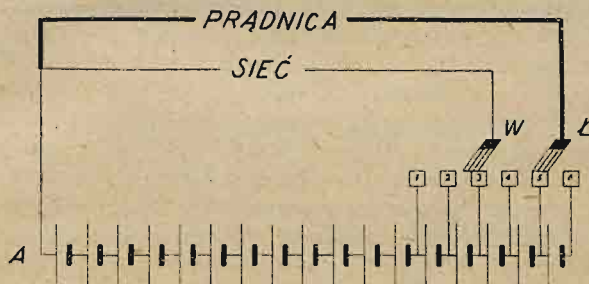
Z biegiem czasu płyty zużywają się, a wydajność akumulatora spada.

Przetwarzanie pracy elektrycznej w akumulatorze ciąga za sobą pewne straty. Stosunek liczby kWh, wydanych przy wyładowaniu, do liczby kWh, zużytych przy ładowaniu, nazywamy sprawnością. Sprawność akumulatora nowego waha się w granicach od 0,70 do 0,85.

§ 41. Ładowanie i wyładowanie.

Napięcie akumulatora nie jest wielkością stałą, lecz wzrasta w czasie ładowania, a spada podczas wyładowania. W tymże stopniu zmienia się napięcie całej baterji. Chcąc czerpać z baterji prąd o napięciu stałym, musimy zastosować specjalny przełącznik, zwany ładownicą, któryby umożliwiał stopniowe odprężanie i doprężanie pewnej liczby ogniw. Najwięcej rozpowszechnione są ładownice podwójne, które pozwalają czerpać prąd z prądnicy nawet w momencie ładowania.

Rys. 87 przedstawia schematycznie baterję akumulatorową (złożoną z 17 ogniw), zaopatrzoną na jednym końcu w ładownicę podwójną. Ładownica obejmuje trzecią część



Rys. 87.

wszystkich ogniw na (rys. — 5 ogniw) i zaopatrzona jest w odpowiednią liczbę płytek kontaktowych (na rys — 6 płytek), po których można przesuwac dwie korbki (na rys. — L i W)

ze szczotkami metalowymi do zbierania prądu. Jedna korbka (\mathcal{L}) służy do regulowania liczby ogniwi przy ładowaniu baterji, druga (\mathcal{W}) — do regulowania liczby ogniwi przy wyładowaniu. Sieć przyłączamy na stałe między korbkę \mathcal{W} i przeciwległy biegun baterji \mathcal{A} , prądnicę zaś włączamy na czas ładowania między korbkę \mathcal{L} a biegun \mathcal{A} .

Na początku ładowania nastawiamy korbkę \mathcal{L} na płytkę ostatnią (na rys. № 6), aby maszyna ładowała wszystkie ogniwa bez wyjątku. Akumulatory ładujemy do „zagotowania“, czyli do chwili silnego wydzielania gazu. Ogniwa, mniej wyładowane, prędsiej się naładowują od ogniwi wyczerpanych. Jak zobaczymy niżej, z całej baterji najkrócej pracuje ogniwo krańcowe (na rys. — między № 5 i № 6), następnie ogniwo przedostatnie (na rys. — między № 4 i № 5) i t. d., a najdłużej — wszystkie ogniwa poza ładownicą (na rys. — dwanaście ogniwi). Wskutek tego najprędsiej zagotuje się ogniwo krańcowe. Ogniwo to zaraz wyłączamy, przesuwając korbkę na płytkę przedostatnią (na rys. — № 5). Wkrótce potem zagotuje się ogniwo przedostatnie, a korbkę cofniemy jeszcze o jedną płytkę (na rys. — № 4) i t. d. Wkońcu, gdy korbka stanie na płytce pierwszej (na rys. № 1) wszystkie ogniwa pozostałe zagotują się jednocześnie. Opóźnienie w ładowaniu jednego z ogniwi dowodziłoby niedokładności (zwarcia płyt).

Chcąc czerpać prąd do sieci w czasie ładowania, trzeba cofać stopniowo korbkę \mathcal{W} w miarę wzrostu napięcia. Przy końcu ładowania korbka stanie na płytce pierwszej, czyli wyłączy wszystkie ogniwa ładownicy. Po skończonem ładowaniu spada napięcie baterji, a wskutek tego trzeba przybrać kilka ogniwi, czyli przesunąć korbkę \mathcal{W} na dalsze płytki kontaktowe (na rys. — w stronę prawą). W miarę wyczerpywania baterji i zniżki napięcia będziemy przesuwali korbkę w tymże kierunku coraz dalej i dalej, aż w końcu korbka znajdzie się na płytce ostatniej (na rys. — № 6). Wszystkie ogniwa baterji są włączone. Baterja jest wyczerpana i wymaga ładowania.

Jak widzimy, ogniwa, objęte ładownicą, pracują mniej, a krańcowe tylko w ostatniej chwili wyładowania.

Przykład. Obliczyć liczbę ogniwi dla baterji przy 115 V napięcia sieci.

Przy końcu wyładowania włączone są wszystkie ogniwa. Ponieważ woltaż ogniw wyczerpanych wynosi 1,83, przeto bateria powinna liczyć

$$115 : 1,83 = 63 \text{ ogniwa.}$$

Przykład. Obliczyć dla powyższej baterji liczbę ogniw, objętych ładownicą.

Przy końcu ładowania napięcie ogniwa może wynieść najwyżej 2,7 V:

$$115 : 2,7 = 43,$$

a więc na sieć trzeba włączyć 43 ogniwa. Ładownica obejmie pozostałe

$$63 - 43 = 20 \text{ ogniw.}$$

Zwykle używamy ładownice o 21 płytkach kontaktowych, przyczem włączamy między każde dwie płytki

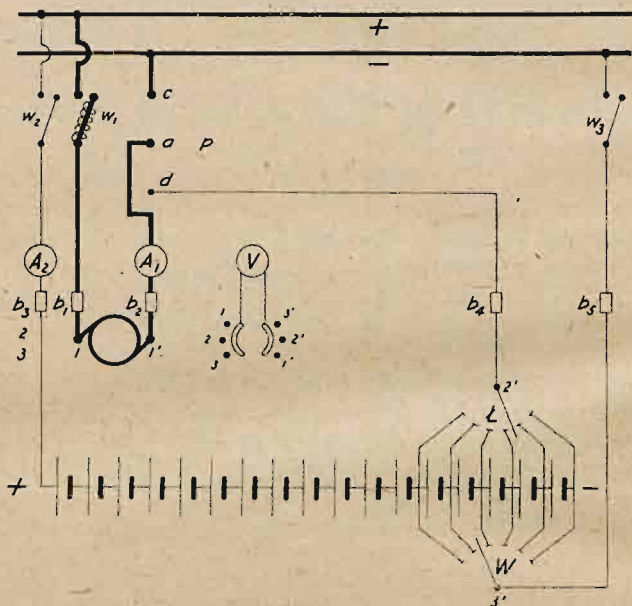
po jednym ogniwie przy 115 V, a
po dwa ogniwa „ 230 V.

Co się tyczy wielkości prądu, to akumulatory mogą być ładowane prądem dowolnym, byle nieprzekraczającym największej wielkości dozwolonej (tabliczka w § 40). Chcąc naładować baterję możliwie prędko, ładujemy ją całkowitym prądem dozwolonym i tylko przy końcu zmniejszamy prąd do połowy, aby osłabić nieco wydzielanie gazu.

§ 42. Połączenie z maszynami.

Prądnicę ładującą samodzielnie. Rys. 88 przedstawia układ połączenia równoległego prądnicy z baterją. Ładownica oznaczona jest w postaci płytek kontaktowych, rozdzielonych na 2 rzędy: jeden — do ładowania (*L*), drugi — do wyładowania (*W*). Po płytkach przesuwają się korbki do odbierania prądu. Prąd, wypływający z prądnicy, jak również prąd, wypływający z baterji, łączy się przy dwóch szynach zbiorczych: dodatniej (+) i ujemnej (-). Biegun dodatni baterji połączono wprost z szyną, biegun zaś ujemny za pośrednictwem ładownicy i korbki do ładowania *W*. Korbka zaś do ładowania *L*

łączy się z prądnicą. Obwód prądnicy zaopatrzone w dwa bezpieczniki b_1, b_2 , amperomierz A_1 , wyłącznik samoczynny wsteczny (§ 53) w_1 i przełącznik jednobiegunowy p ; obwód zaś do akumulatorów w trzy — bezpieczniki b_3, b_4, b_5 , amperomierz A_2 i dwa wyłączniki jednobiegunowe w_2, w_3 .



Rys. 88.

Wyłącznik samoczynny w_1 zabezpiecza prądnicę od prądu wstecznego (§ 12). Mogłoby się bowiem zdarzyć, iż prądnica, wskutek spadku napięcia, zaczęłaby pracować jako silnik i czerpać prąd z baterji. Amperomierz baterji A_2 powinien wskazywać nie tylko wielkość, lecz i kierunek prądu, t. j. „ładowanie“ czy „wyładowanie“ (§ 46).

Do mierzenia napięcia służy woltmierz V z przełącznikiem na 3 odgałęzienia. Gdy drążek przełącznika stoi na guzikach:

- 11' — woltomierz mierzy napięcie prądnicy,
22' — „ „ „ baterji przy ładowaniu,
33' — „ „ „ „ „ wyładowaniu.

Chcąc baterję naładować, należy:

1. przestawić korbkę L na płytkę ostatnią (§ 41),
2. nadać prądnicy napięcie (11') o kilka woltów wyższe od napięcia całej baterji (22'),
3. przestawić przełącznik p na „ładowanie“ ($a - d$) i pozamykać wyłączniki w_2 i w_1 ,
4. unormować prąd, wskazywany na amperomierzu A_2 , przez odpowiednie naregulowanie wzbudzenia.

Po ukończeniu ładowania

1. zmniejszamy prąd do zera, regulując wzbudzenie prądnicy i
2. przestawiamy przełącznik p na „sieć“ ($a - c$).

Prądnica, pracująca równolegle z baterją w układzie, podanym na rys. 88, powinna wydawać przy normalnej liczbie obrotów napięcie wzmożone, odpowiadające napięciu baterji w końcu przeładowania. Należy o tem przy zamawianiu maszyny pamiętać i wyraźnie zaznaczyć, iż prądnica ma służyć do ładowania akumulatorów. Zmiany napięcia zarówno przy ładowaniu, jak i przy pracy na sieć osiągamy przez regulowanie wzbudzenia przy stałych obrotach maszyny.

Chcąc przystosować do ładowania akumulatorów maszynę, która pierwotnie przez dostawcę nie była do tego celu przeznaczona, trzeba zwiększyć prędkość jej biegu mniej więcej o 22% i zaopatrzyć w większy opornik. Objaśnimy to na przykładzie.

Przykład. Zwyczajna prądnica 40 kW wydaje napięcie 115 V przy 1000 obrotów. Do ładowania potrzeba napięcia wyższego, któreby przy końcu przeładowania dochodziło do

$$2,7 \times 63 = 170 \text{ V.}$$

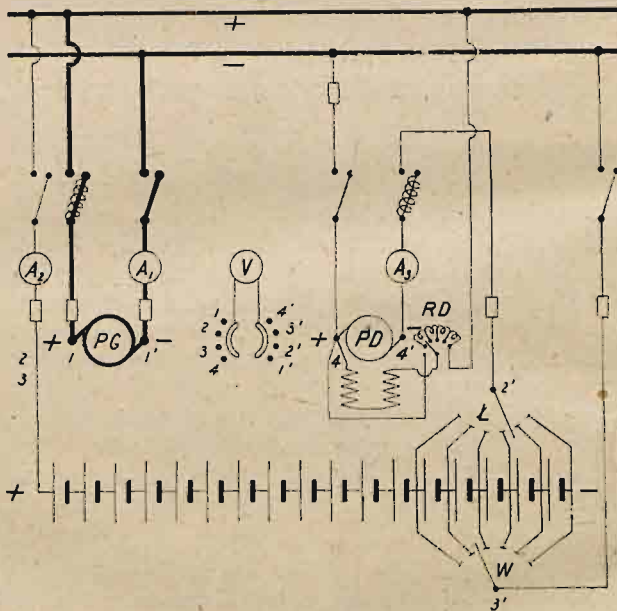
Napięcie 170 V prądnica nasza wyda przy 1220 obrotów na minutę. Wobec tego, pędzimy prądnicę stale z prędkością 1220 obrotów, a dla pracy normalnej wzbudzamy ją częściowo (opornik włączamy!), aby nie przekroczyła napięcia szyn zbiorczych — 115 V. W czasie zaś łado-

wania napięcie odpowiednio podnosimy przez zwiększanie wzbudzenia. Na początku ładowania potrzebne będzie napięcie

$$2,2 \times 63 = 139 \text{ V,}$$

a w końcu przeładowania, jak obliczyliśmy poprzednio, najwyżej — 170 V.

Jak widzimy, prądnica ładująca akumulatory samodzielnie, wymaga większego opornika bocznikowego, któryby umożliwiał regulowanie napięcia w szerokich granicach (w przykładzie — od 115 do 170 V).



Rys. 89.

Prądnice ładownicze. Pędzenie prądnicy przez cały czas pracy normalnej ze wzmoczoną prędkością i ze zmniejszonym wzbudzeniem odbija się niekorzystnie na sprawności. Dla

osiągnięcia większej sprawności, a także dla możliwie dowolnego korzystania z prądu w czasie ładowania, ustawiamy przy zastosowaniu większych maszyn osobne prądnice ładownicze, które pracują tylko podczas ładowania i wydają bądź napięcie całkowite (w przykładzie naszym — od 139 do 170 V), bądź różnicę między napięciem wzmożonym a normalnym (w przykładzie — od 24 do 55 V). Prądnice, dające różnicę napięć, nazywamy dodawczymi.

Rys. 89 przedstawia układ połączenia prądnicy PG z baterią akumulatorową, ładowaną przy pomocy prądnicy dodawczej PD . Prądnica główna (PG) daje napięcie stałe (w przykładzie naszym 115 V) zarówno przy pracy normalnej, jak i przy ładowaniu. Na czas ładowania puszczamy w ruch prądnicę dodawczą i łączymy ją w szereg z prądnicą główną. Napięcia maszyn dodają się:

$$\text{napięcie prądnicy} + \text{napięcie prądnicy} = \text{napięcie}$$

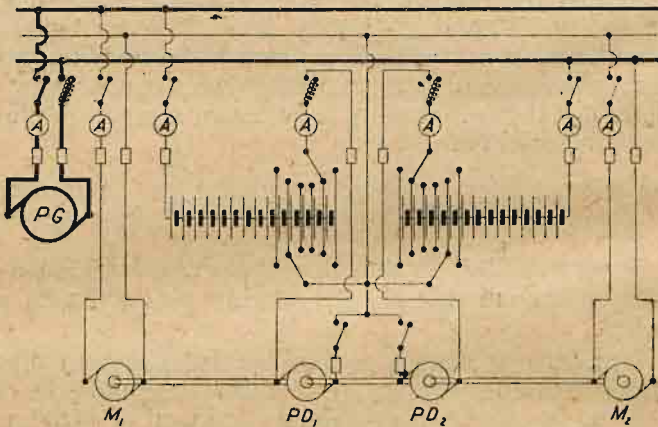
$$\text{główny} \quad \text{dodawczej} \quad \text{akumulatorów.}$$

Prąd, wzbudzający maszynę dodawczą, wypływa z szyn zbiorczych (wzbudzenie obce) i reguluje się zapomocą opornika RD .

Rys. 90 przedstawia podobny układ połączeń dla sieci trójprzewodowej. Prądnica główna PG daje napięcie całkowite, panujące między przewodami skrajnymi. Podział napięcia na dwie połowy odbywa się zapomocą akumulatorów. Każda połowa baterji ma osobną ładownicę podwójną i osobną prądnicę dodawczą, poruszaną silnikiem elektrycznym M . Jak widzimy z rysunku, wszystkie cztery maszyny M_1 , PD_1 , PD_2 i M_2 osadzone są na wspólnym wale, przyczem silnik M_1 czerpie prąd z jednej połowy sieci, silnik M_2 — z drugiej. Na czas ładowania puszczamy silniki w ruch, a prądnice dodawcze wzbudzamy.

Przy sieciach trójprzewodowych silniki M_1 i M_2 mają jeszcze inne zadanie do spełnienia, a mianowicie mogą wyrównywać obciążenie w obu połowach sieci. W tym celu puszczamy w ruch oba silniki, nie wzbudzając jednak prądnic dodawczych, które przy wyrównywaniu są zgoła zbyteczne.

Dopóki obciążenie jest jednakowe w obu połowach sieci, silniki M_1 i M_2 mają bieg jałowy. Przypuśćmy, iż w pewnym momencie pierwsza (I) połowa sieci otrzymała obciążenie większe od drugiej (II). W sieci więcej obciążonej (I) napięcie będzie niższe, w sieci zaś mniej obciążonej (II) — wyższe. Nierówność napięć odbija się jednocześnie na działaniu maszyn: maszyna M_1 przy niższym napięciu pracuje jako prądnica i wysyła prąd do sieci, maszyna zaś M_2 przeciwnie pra-



Rys. 90.

cuje jako silnik obciążony i czerpie prąd z sieci. Przy odwrotnym rozkładzie obciążenia, gdy druga (II) połowa otrzyma obciążenie większe, maszyny zmieniają swe role: M_1 będzie silnikiem, a M_2 — prądnicą. Innymi słowy, maszyny wyrównawcze tworzą przetwornicę, która kosztem sieci mniej obciążonej zasila więcej obciążoną.

Tak więc, zespół czterech maszyn M_1 , PD_1 , PD_2 i M_2 czyli maszyna dodawczo-wyrównawcza pracuje bądź

1) dla ładowania baterji i wówczas M_1 i M_2 pracują jako silniki, a PD_1 i PD_2 jako prądnice dodawcze, bądź też

2) dla wyrównywania obciążenia, i wówczas maszyny M_1 i M_2 pracują naprzemian — jedna jako silnik, druga jako prądnica, natomiast prądnice PD_1 i PD_2 biegną bez wzbudzenia.

§ 43. Akumulatornia.

Akumulatornia powinna być sucha, chłodna, wolna od wstrząśnień, dobrze oświetlona, lecz zabezpieczona od bezpośredniego działania promieni słonecznych (np. przez pomalowanie szyb farbą olejną). Do oświetlenia elektrycznego używane są tylko lampki żarowe, gdyż lampy z płomieniem otwartym, np. łukowe, mogłyby wywołać wybuch gazów, wydobywających się z akumulatorów. Podczas ładowania, przewidziamy salę naprzestrzałą za pomocą wentylatorów lub otworzonych okien.

Podłoga w akumulatorniach powinna być twarda i odporna na działanie kwasu. Beton zupełnie nie nadaje się do tego celu. Natomiast odznaczają się trwałością podłogi murywane, pokryte warstwą asfaltu grubości około 30 mm. Płytki izolacyjne, na których ma spocząć podłoże akumulatorowe, układamy przed wylaniem asfaltu, wprost na podmurówce. Podłoga asfaltowa powinna mieć pewien spadek do ścieku wody i zachodzić wokoło na ściany na wysokość około 200 mm. Co się tyczy gatunku asfaltu, to używamy tylko czysty „trinidad“, zmieszany z piaskiem (1 część trinidadu, $3\frac{1}{2}$ — piasku). Chcąc sprawdzić gatunek asfaltu, wpuszczamy kawałek próbny do roztworu kwasu siarkowego (22° B.), a po upływie dwóch tygodni wyjmujemy i badamy. Trinidad w dobrym gatunku nie zmięknie i nie straci swych własności, a powierzchnia złomu będzie nadal gładka i krystaliczna.

Podłogi drewniane pociągamy kilkakrotnie smołą i posypujemy piaskiem lub obijamy papą. Na papę kładziemy jeszcze jeden rząd desek, również nasycony smołą.

Do akumulatorni najlepiej nadają się ściany, otynkowane wapnem lub gipsem. Ściany betonowe przed malowaniem przemywamy rozcieńczonym kwasem siarkowym (1 część kwasu 22° B. na 4 części wody). Po zupełnem wyschnięciu murów, gruntujemy zarówno ściany jak i sufit farbą

olejną, zmieszaną pół na pół z pokostem lnianym, a następnie malujemy kwasotrwałym lakierem emaljowym. Zużycie lakieru przy dwukrotnem pociągnięciu wynosi około $\frac{1}{2}$ kg. na $1 m^2$ powierzchni. Przewodniki, kable, oprawki do lampek, wyłączniki, gniazda wtyczkowe, konstrukcje żelazne, ramy okienne i wogóle wszystkie części metalowe, znajdujące się w akumulatorni, pociągamy również lakierem kwasotrwałym lub czystą waseliną.

§ 44. Montaż.

Akumulatory ustawiamy rzędami na podłożu drewnianem, które bywa jedno lub dwupiętrowe. Przejścia między rzędami powinny być przestronne, a odstęp od górnego piętra do stropu powinien wystarczać do wyjmowania i zakładania płyt. Wogóle, musimy przy montażu pamiętać o dogodnym dostępie do każdego ogniwa. Krańcowe ogniwa baterji (pierwsze i ostatnie) rozstawiamy możliwie zdala jedno od drugiego.

Podłoże budujemy ze zdrowych belek sosnowych, używając do zbijania, zamiast gwoździ, jedynie kołków drewnianych. Dla zabezpieczenia od szkodliwego działania kwasu, całe podłoże przesycamy gorącym olejem lnianym. Pod nogi podłoża kładziemy płytki izolacyjne ze szkła lub porcelany. Do asfaltowania podłogi przystępujemy dopiero po wykonczeniu podłoża.

Przy napięciu wysokim (§ 6) otaczamy akumulatory wokół izolacyjnym chodnikiem drewnianym. Chodnik nasycamy również gorącym olejem lnianym, parafiną, smołą lub karboliną.

Odstępy między płytami powinny być zupełnie równe. Łączenie płyt odbywa się za pośrednictwem listew ołowianych, przyczem do lutowania potrzebny jest przyrząd, wytwarzający gaz palny — wodór. Podczas lutowania akumulatornię dobrze przewietrzamy.

Do nalewania kwasu przystępujemy dopiero po zupełnem zmontowaniu akumulatorów i przewodów. Kwas siar-

kowy sprowadzamy w stanie rozcieńczonym (22° B.) z fabryki, wskazanej przez dostawcę akumulatorów. Gdy zajdzie potrzeba rozcieńczania kwasu, należy dolewać kwas do wody dystylowanej, a nie wodę do kwasu. Przy dolewaniu bowiem płynu cięższego (kwasu) do lżejszego (wody) niema potrzeby mieszania płynów, a mieszanie w naczyniu szklanem, wobec silnego nagrzewania się, byłoby niebezpieczne. Górne krawędzie płyt powinny być zanurzone na głębokości od 10 do 15 mm.

Przed użyciem sprawdzamy zarówno kwas jak i wodę dystylowaną, czy nie zawiera chloru. W tym celu wlewamy nieco badanego płynu do naczynia szklanego i wpuszczamy kilka kropel roztworu azotanu srebra (lapisu). Płyn ma pozostać bezbarwny i przezroczysty, mleczny odcień dowodziłby obecności chloru. Płyn z zawartością chloru działa gryząco na płyty dodatnie i wskutek tego zupełnie się nie nadaje do akumulatorów.

Po napełnieniu akumulatorów i ostatecznem sprawdzeniu połączeń (biegun dodatni baterji powinien łączyć się z biegunem dodatnim prądnicy, a ujemny z ujemnym) przystępujemy do ładowania. Pierwszy raz ładujemy wszystkie ogniwa, nie przestawiając ładownicy, przy silnem wydzielaniu gazów i przez trzydzieści kilka godzin z rzędu.

§ 45. Obsługa.

W miarę ulatniania się płynu, dolewamy: bądź

1) wody dystylowanej, gdy kwasomierz wskazuje powyżej 24° B., bądź

2) kwasu siarkowego o tężości 22° B., gdy kwasomierz wskazuje poniżej 24° B.

Woda gotowana lub para skroplona z maszyn parowych nie nadaje się do akumulatorów. Jak już mówiliśmy wyżej (§ 44), kwas siarkowy sprowadzamy w stanie rozcieńczonym (22° B.) z fabryki, wskazanej przez dostawcę akumulatorów,

i z każdego nowego transportu badamy próbę kwasu i wody na zawartość chloru (§ 44). Płyn w akumulatorach powinien być bezbarwny i przezroczysty; barwa brunatna dowodziłaby nadmiernego ładowania, barwa zaś szara — zadawnionego zwarcia płyt. Naczynia pęknięte należy zmieniać natychmiast.

Ładując baterję, dozorca powinien sprawdzać dzień w dzień, czy które z ogniw nie opóźnia się w gotowaniu. W ogniwie opóźnionem znajdziemy niezawodnie zwarcie, wywołane bądź przez zetknięcie płyt spaczonych, bądź przez obecność obcego ciała metalowego, bądź wreszcie przez nadmiar mułu ołowianego. Przy należytej pielęgnacji można nie dopuścić do zwarcia. Należy tylko prześwietlać możliwie często, a co najmniej raz na miesiąc, wszystkie ogniwa ręczną lampką elektryczną. Prześwietlanie akumulatorów w naczyniach drewnianych jest nieco utrudnione. W tych wypadkach przesuwamy między płytami cienką linijkę drewnianą. Należy to jednak wykonywać bardzo ostrożnie, gdyż tarcie linijką o płyty jest dla akumulatorów szkodliwe. Płyty spaczone oddzielamy jedną od drugiej rurkami szklanymi lub specjalnymi przeponami drewnianymi (§ 40).

Poza tem badamy co pewien czas wszystkie ogniwa za pomocą kwasomierza i woltomierza. Akumulatory naładowane powinny wykazywać 24° B i przeszło 2 V napięcia (§ 40). Ogniwa z mniejszem napięciem oglądamy dokładnie i sprawdzamy, czy nie mają zwarcia. Co się tyczy woltomierza, to najlepiej posiłkować się przyrządem o niezbyt małych rozmiarach z podziałką od 0 do 3 V. Zawiesiwszy woltomierz na szyi, bierzemy w ręce przewodniki zakończone ostrzami i obchodzimy ogniwa po kolei.

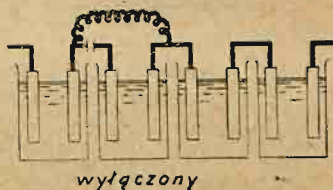
Oprócz codziennego ładowania, baterja wymaga od czasu do czasu (np. co 3 miesiące) przeładowania z przerwami. Przeładowanie odbywa się w sposób następujący. Ukończywszy ładowanie normalne, robimy godzinną przerwę, podczas której baterję zupełnie odłączamy od sieci. Następnie ładujemy baterję kilkakrotnie prądem, zmniejszonym do połowy, robiąc co pewien czas godzinne przerwy, gdy gazy zaczną obficie wydzielać się na obu biegunach. Zresztą w tym względzie najlepiej porozumieć się z dostawcą akumulatorów, który

udzieli rad i przepisów, odpowiadających warunkom miejscowym.

Chcąc przerwać pracę na czas dłuższy, należy przedtem baterję naładować i oddzielić od sieci, otwierając wyłączniki i wyjmując paski bezpiecznikowe. Baterja, choć nieużywana, wyładowuje się sama i dlatego raz na dwa miesiące wymaga naładowania.

Na dnie naczynia osiada muł ołowiany, który przy ilości nadmiernej mógłby wywołać zwarcie. Dwa razy do roku sprawdzamy, czy warstwa mułu nie dosięga dolnych krawędzi płyt, a w razie potrzeby usuwamy muł przy pomocy pompy specjalnej.

Płyty spaczone prostujemy, kładąc je między dwie tabliczki drewniane o powierzchni gładko zheblowanej. Ogniwo z płytami nowymi musi być przedewszystkiem doładowane. W tym celu przez kilka dni z rzędu włączamy je w obwód tylko na czas ładowania, a po skończonem ładowaniu wyłączamy napowrót. Rys. 91 przedstawia baterję z wyłączonem ogniwem; ogniwo to jest odcięte z jednej strony i ominięte zapomocą przewodnika, łączącego oba ogniwa sąsiednie.



Rys. 91.

Dozorca powinien nosić fartuch z wełny czystej, kwaso-trwałej i buty, nasmarowane mieszaniną parafiny i wosku, lub kalosze. Przystępując do roboty lub do jedzenia, dozorca za każdym razem przebiera się i myje ręce. Kwas rozlany na podłogę zasypuje się trocinami, a plamy na ubraniu wywabia amonjakiem.

Przyrządy pomiarowe.

§ 46. Amperomierze.

Rodzaje przyrządów pomiarowych. Rozróżniamy trzy rodzaje przyrządów:

1. wskaźniki, jako to: wskaźniki obecności prądu, wskaźniki kierunku prądu, wskaźniki zwarcia (§ 75) i t. p.,
2. mierniki i
3. liczniki, służące do liczenia wytworzonych lub zużytych kilowatogodzin lub amperogodzin.

Do mierników zaliczamy:

1. amperomierze czyli mierniki natężenia prądu,
2. woltomierze czyli mierniki napięcia prądu,
3. omomierze czyli mierniki oporu i
4. watomierze czyli mierniki mocy elektrycznej.

Pod względem sposobu działania rozróżniamy mierniki:

1. elektromagnetyczne, działające na podstawie magnetycznych własności prądu (§ 3) i
2. ciepłe, działające na podstawie ciepłych własności prądu (§ 3).

Najwięcej są rozpowszechnione mierniki elektromagnetyczne. Siła przyciągania magnetycznego przeciwdziała sile sprężyny lub ciężarka i porusza wskazówkę miernika. W miernikach mniej dokładnych przesuwają się rdzeń żelazny, wciągany przez nieruchomą cewkę, w miernikach zaś ścisłych czyli „precyzyjnych“ cewka obraca się w silnym polu magnetycznym. Mierniki ciepłe są głównie używane przy prądzie zmiennym. Prąd przepływa przez drucik, który nagrzewając się i wydłużając, porusza wskazówkę.

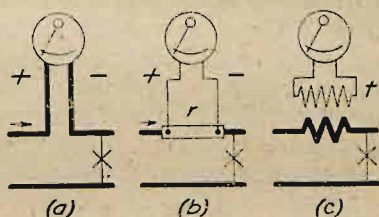
Pod względem wreszcie wykonania rozróżniamy mierniki:

1. stałe, przeznaczone do tablic rozdzielczych (zwykle w okrągłych pudełkach metalowych) i
2. przenośne, przeznaczone do montażu (w pudełkach drewnianych).

Amperomierze otrzymują zwykle podziałkę od 0 do największej liczby amperów. Bywają jednak amperomierze dwukierunkowe, wskazujące nie tylko wielkość, lecz i kierunek prądu. Przyrządy te używane są przy akumulatorach (§ 42), przy maszynach wyrównawczych i wogóle w przewodach, po których płynie prąd stały naprzemian to w jednym, to w drugim kierunku. Amperomierze otrzymują wówczas 0 na środku podziałki, przyczem odchylenie wskazówki w jedną stronę oznacza prąd, płynący naprzód, a w stronę drugą — prąd wsteczny. Przy akumulatorach jedna połowa podziałki odpowiada ładowaniu, druga wyładowaniu.

Przy prądzie stałym zaciski amperomierza ściśle oznaczone są plusem (+) i minusem (—). Zaciski powinniśmy łączyć z przewodem w ten sposób, aby prąd płynął przez amperomierz w kierunku od plusa (+) do minusa (—), gdyż inaczej wskazówka odchyli się nie w stronę podziałki, lecz w przeciwną. Natomiast amperomierze zwyczajne mniej dokładne odchylają się w jedną tylko stronę bez względu na kierunek prądu.

Amperomierze łączy my z przewodem w sposób trojaki, w zależności od tego, czy przez cewkę miernika ma płynąć prąd:



Rys. 92.

- 1) całkowity (rys. 92-a),
- 2) odgałęziony (rys. 92-b), czy wreszcie
- 3) przetworzony (rys. 92-c).

W wypadku drugim amperomierz nazywa się bocznikowym (rys. 92-b) i składa się z dwóch części, połączonych z sobą równolegle:

- 1) właściwego miernika i
- 2) opornika bocznikowego r , zwanego zwykle bocznikiem.

Przez miernik przepływa tylko mała cząstka prądu całkowitego, gdy część pozostała płynie obok przez opornik. Każda zmiana prądu całkowitego wywołuje zmianę prądu

odgałęzionego, a przez to wskazanie przyrządu bocznikowego może służyć za miarę prądu całkowitego. Amperomierz bocznikowy otrzymuje podziałkę i liczby, odpowiadające całkowitej wielkości prądu, jakkolwiek przez miernik przepływa właściwie tylko część tego prądu. Objasnimy to przykładem.

Przykład. Prąd 200 A przy amperomierzu bocznikowym rozdziela się:

przez opornik płynie 198 A, a przez miernik — 2 A;

prąd zaś 100 A rozdziela się w sposób podobny:

przez opornik płynie 99 A, a przez miernik — 1 A.

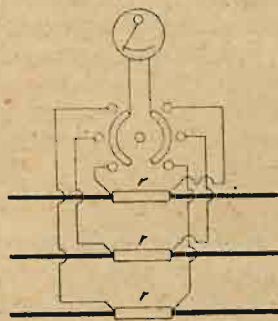
Gdy przez miernik płynie 2 A, strzałka wskazuje na podziałce 200 A, a gdy płynie 1 A — wskazuje 100 A.

W przykładzie powyższym miernik 2-amperowy z odpowiednim opornikiem służy do mierzenia prądu do 200 A. Naturalnie, każdy amperomierz bocznikowy wskazuje prawidłowo tylko z opornikiem dokładnie doń dostosowanym. Nawet zamiana lub skrócenie drutów, przeznaczonych do łączenia miernika z opornikiem, naruszyłaby prawidłowość pomiarów. Należy o tem przy montażu pamiętać i przed połączeniem sprawdzać numery fabryczne, którymi oznaczony jest zarówno miernik, odpowiadający mu opornik, jak i oba przewodniki. Zbyt długie przewodniki zwijamy w kłębek, nie obcinając ich pod żadnym pozorem.

Amperomierz bocznikowy może obsługiwać kilka przewodów (rys. 93), trzeba tylko każdy przewód zaopatrzyć w jednakowy opornik r , a oporniki połączyć z miernikiem za pośrednictwem specjalnego przełącznika dwubiegunowego z odpowiednią liczbą guzików kontaktowych (na rys. — przełącznik na 3 odgałęzienia). Zależnie od nastawienia drążka przełącznika, amperomierz mierzy prąd w przewodzie I, II lub III.

Poza ten ten sam amperomierz bocznikowy może być użyty do ścisłego mierzenia prądów zarówno mniejszych, jak większych. W tym wypadku miernik otrzymuje dwa lub trzy oporniki różnej wielkości (np. r_1 , r_2 , r_3) i zależnie od tego, który opornik będzie włączony, wskazuje prądy o takiej

lub innej wielkości (np. do 1,5 A, do 15 A, do 150 A). Zwykle podziałka amperomierza otrzymuje numeracje oddzielne dla poszczególnych oporników, gdyż to samo odchylenie wskazówki oznacza przy każdym oporniku inną liczbę amperów (np. całkowite odchylenie przy oporniku r_1 oznacza 1,5 A, przy r_2 — 15 A, przy r_3 — 150 A). Oporniki dla amperomierzy mają kształt blaszki, szyny albo skrzynki przenośnej, a czasami bywają umieszczone wewnątrz przyrządu.



Rys. 93.

Przy montażach często jest używany miernik przenośny z podziałką od 0 do 150°, znany pod nazwą miliwoltomierza. Miliwoltomierz z odpowiednim opornikiem odgrywa rolę amperomierza bocznikowego; np. miliwoltomierz o oporze wewnętrznym = 1 Ω

z opornikiem	mierzy prądy	1 ^o podziałki oznacza
$r_1 = \frac{1}{9} \Omega$	od 0 do 1,5 A	0,01 A
$r_2 = \frac{1}{99} \Omega$	„ 0 „ 15 A	0,1 A
$r_3 = \frac{1}{999} \Omega$	„ 0 „ 150 A	1 A

Trzeci sposób łączenia amperomierza z przewodem (rys. 92c), mianowicie przepuszczanie przez miernik prądu, przetworzonego w małym transformatorze miernikowym t , nadaje się tylko do prądu zmiennego. Jak wiadomo, każda zmiana prądu pierwotnego w transformatorze wywołuje zmianę prądu wtórnego, a przez to wskazanie amperomierza, włączonego w uzwojenie wtórne, może służyć za miarę prądu pierwotnego. Amperomierz, połączony za pośrednictwem

transformatorka, otrzymuje podziałkę i liczby, odpowiadające prądowi pierwotnemu. Zadanie transformatorka w sieci wysokonapiętej polega na zupełnem oddzieleniu amperomierza od niebezpiecznego napięcia (rys. 52).

§ 47. Woltomierze.

W ustroju i sposobie działania niema żadnej różnicy między amperomierzem a woltomierzem. Ten sam przyrząd może być zarówno amperomierzem jak woltomierzem, zależnie od sposobu przyłączenia. Amperomierz wprowadzamy w jeden z biegunów (przy prądzie stałym $+$ lub $-$), woltomierz zaś między oba bieguny (przy prądzie stałym między $+$ i $-$), innymi słowy, amperomierz włączamy w szereg a woltomierz równolegle do głównego obwodu.

W rzeczywistości różnica między amperomierzem a woltomierzem polega na wielkości oporu elektrycznego; cewki amperomierzy, wykonane z drutu grubego, mają opór mały, cewki zaś woltomierzy z drutu cienkiego mają opór duży. Przy wyższych napięciach opór cewek nie wystarcza i woltomierze otrzymują oporniki dodatkowe.

Każda zmiana napięcia pociąga za sobą zmianę prądu, płynącego przez cewkę woltomierza, a przez to wskazanie przyrządu może służyć za miarę napięcia. Objaśnimy to na przykładzie.

Przy kł a d. Woltomierz ma opór 1000 Ω . Przy napięciu 150 V przez miernik przepływa prąd

$$150 : 1000 = 0,15 \text{ A.}$$

Przy napięciu zaś 100 V przepływa

$$100 : 1000 = 0,10 \text{ A.}$$

Gdy przez miernik przepływa 0,15 A, strzałka wskazuje na podziałkę 150 V, a gdy przepływa 0,10 A — wskazuje 100 V.

Woltomierz może obsługiwać z łatwością kilka obwodów przy pomocy specjalnego przełącznika dwubiegunowe-

go z odpowiednią liczbą guzików kontaktowych (na rys. 42—przełącznik na 4 odgałęzienia).

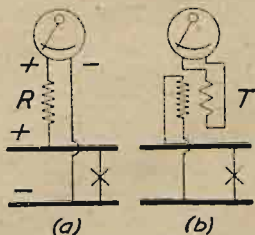
Poza ten sam woltomierz może być użyty do ścisłego mierzenia napięć zarówno niższych, jak wyższych. W tym celu miernik otrzymuje dwa lub trzy oporniki dodatkowe (np. R_1 , R_2 , R_3) i zależnie od tego, który z oporników będzie przyłączony, wskazuje napięcie tej lub innej wielkości (np. do 3 V, do 150 V, do 750 V). W amperomierzu bocznikowym mieliśmy oporniki bocznikowe r o małym oporze, włączone równolegle do miernika (rys. 92b), w woltomierzu natomiast mamy oporniki dodatkowe R o wielkim oporze, włączone w szereg z miernikiem (rys. 94a). Podziałka woltomierza otrzymuje zwykle numeracje oddzielne dla poszczególnych oporników, gdyż to samo odchylenie wskazówki oznacza przy każdym oporniku inną liczbę woltów (np. całkowite odchylenie przy oporniku R_1 oznacza 3 V, przy R_2 — 150 V, przy R_3 — 750 V).

Używany często przy montażach miliwoltomierz (§ 46) z podziałką od 0 do 150^o wskazuje tysięczne części wolta czyli miliwolt. Miliwoltomierz z odpowiednim opornikiem dodatkowym może być użyty jako woltomierz, np. miliwoltomierz o oporze wewnętrznym = 1 Ω

z opornikiem dodatkowym	mierzy napięcie	1 ^o podziałki oznacza
$R_1 = 19 \Omega$	od 0 do 3 V	0,02 V
$R_2 = 999 \Omega$	„ 0 „ 150 V	1 V
$R_3 = 4999 \Omega$	„ 0 „ 750 V	5 V

Przy prądzie stałym zaciski woltomierza, oznaczone plusem (+) i minusem (—), łączymy w ten sposób (rys. 94a), aby prąd płynął od plusa do minusa, gdyż inaczej wskazówka odchyli się nie w stronę podziałki lecz w przeciwną.

Przy wysokim napięciu prądu zmiennego używane są woltomierze z transformatorami mierniko-



Rys. 94.

wemi T (rys. 94b, rys. 52), które przetwarzają wysokie napięcie na niskie. Każda zmiana napięcia pierwotnego w transformatorze wywołuje zmianę napięcia wtórnego, a przez to wskazanie woltomierza, przyłączonego do napięcia niskiego, może służyć za miarę napięcia wysokiego. Woltomierz otrzymuje podziałkę i liczby, odpowiadające napięciu wysokiemu, jakkolwiek w mierniku panuje napięcie niskie.

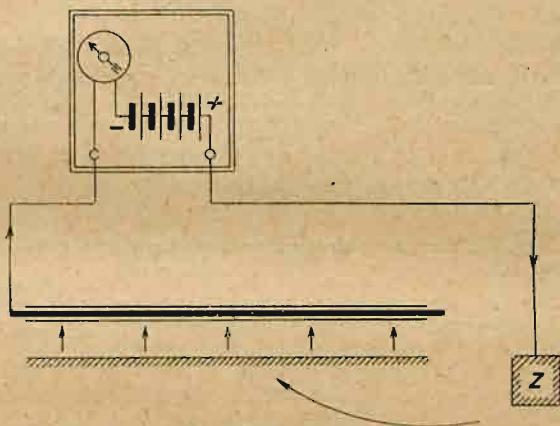
§ 48. Mierniki oporu (omomierze).

Mierniki oporów wielkich służą do sprawdzania stanu izolacji i dlatego nazywamy je miernikami izolacji. Przyrządy te są w zasadzie podobne do amperomierzy (§ 46) i woltomierzy i wskazują natężenie prądu, płynącego przez izolację do ziemi. Ponieważ prąd jest w stosunku odwrotnym do oporu, przeto 0 wypada na końcu podziałki, czyli przy największym odchyleniu wskazówki, a największa liczba omów — przy odchyleniu najmniejszym. Przyrządy do sprawdzania stanu izolacji mogą mieć własne źródło prądu lub pośilkować się prądem z sieci.

1. Galwanoskop. Zwyczajny wskaźnik prądu w kształcie busoli, oprawiony w pudełko drewniane z niewielką baterją galwaniczną, nazywa się „galwanoskopem“. Ustawwszy przyrząd w ten sposób, by igiełka busoli wskazywała 0° , łączymy jeden zacisk z ziemią, a drugi z przewodem, którego izolację chcemy zmierzyć (rys. 95). Obieg prądu jest następujący: od plusa (+) baterji do ziemi, przez ziemię i izolację do wewnętrznej żyły przewodu i od przewodu przez wskaźnik do minusa (—) baterji. Pod wpływem prądu igiełka przesuwa się o pewien kąt, tablica zaś podaje dla każdego kąta odpowiednią wielkość oporu.

Pomiary izolacji należy wykonywać ile możności przy napięciu, panującym w sieci, a przynajmniej przy 100 V. Galwanoskopy nie odpowiadają temu warunkowi i nie nadają się do pomiarów ścisłych. Natomiast w zgodzie z powyższym przepisem są mierniki z baterją powyżej 100 V, mierniki z induktoem i wreszcie t. zw. „omomierze“.

2. Miernik izolacji z wielką baterją. Układ połączeń — jak w galwanoskopie (rys. 95), tylko zamiast wskaźnika dokładny miernik w rodzaju amperomierza i woltomierza, a zamiast małej baterji galwanicznej — wielka o napięciu powyżej 100 V. Cały przyrząd jest dosyć ciężki i niezdatny do podręcznego użytku przy montażu.



Rys. 95.

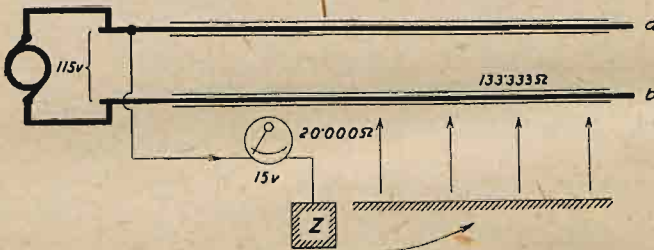
3. Miernik izolacji z induktorem. Zamiast baterji galwanicznej — induktor, czyli mała prądnicą, poruszana ręcznie. Połączywszy jeden zacisk z ziemią, a drugi z przewodem, obracamy korbkę induktora z taką prędkością, aby miernik wskazywał przepisane napięcie (np. 130 V). Miernik jest w tym wypadku woltomierzem. Gdy ręka nabierze odpowiedniej prędkości, naciskamy przełącznik klawiszowy i odcytujemy wskazanie miernika. Po naciśnięciu przełącznika, układ połączeń jest taki, jak na rys. 95, tylko baterję zastępuje prądnicą. Miernik napięcia staje się miernikiem oporu.

Przyrząd z induktorem jest niewielki, poręczny, jak galwanoskop, a znacznie od niego dokładniejszy. Jedyłą stroną ujemną jest pewna trudność nadania induktorowi jednostaj-

nego biegu, wskutek czego wskazówka nie stoi spokojnie, lecz drga bezustannie.

4 Omomierz. Omomierzem nazywamy miernik ścisły, różniący się od amperomierzy i woltomierzy jedynie sposobem łączenia i podziałką. Zarówno w przyrządzie z wielką baterią galwaniczną, jak i z induktorem, miernikiem właściwym był omomierz.

Chcąc korzystać przy sprawdzaniu izolacji z napięcia sieci, łączymy omomierz, jak na rys. 96. Prąd płynie od przewodu *a* przez omomierz, ziemię, warstwę izolacyjną przewodu *b* do wewnętrznej żyły tegoż przewodu. Jak widzimy, omomierz, przyłączony do jednego z przewodów (*a*), mierzy prąd, płynący przez izolację przewodu drugiego (*b*), a przy odpowiedniej podziałce wskazuje odrazu liczbę omów.



Rys. 96.

Zamiast omomierza, można użyć do mierzenia oporu zwyczajny woltomierz, byleby odpowiadał napięciu sieci. Objaśnimy to na przykładzie.

Przykład. Woltomierz o oporze wewnętrznym 20 000 Ω przyłączony jak omomierz (rys. 96), wskazał 15 V, przy czym w sieci panowało napięcie 115 V.

Prąd, płynący przez miernik, obliczymy według prawa Ohma:

$$15 : 20\,000 = 0,00075 \text{ A.}$$

Również według prawa Ohma obliczymy całkowity opór obwodu elektrycznego:

$$115 : 0,00075 = 153\,333 \Omega.$$

Opór ten składa się z nieznanego oporu izolacji i z oporu woltomierza, równego 20 000 Ω . A więc opór izolacji wynosi

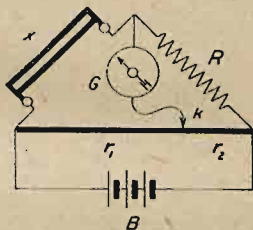
$$153\,333 - 20\,000 = 133\,333 \Omega.$$

Mierniki oporów małych. Opór dobrych przewodników elektryczności mierzy się bądź zapomocą tak zw. mostka, bądź przez odczytanie odpowiedniego woltomierza i amperomierza.

5. Mostek. Układ połączeń mostka podaje rys. 97. Prąd z baterji *B* rozszcza się i płynie dwiema równoległymi gałęziami:

- 1) przez opór nieznaną *x* i opór znany *R*,
- 2) przez opory *r*₁ i *r*₂.

Ostatnie dwa opory daje rozpięta struna miernicza, po której przesuwają się przycisk kontaktowy *k*. Odgałęzienie dodatkowe z włączonym galwanoskopem *G* nazywamy „mostkiem”. W wykonaniu praktycznym całe urządzenie: opory, baterja i galwanoskop objęte są jednym przyrządem przenośnym.



Rys. 97.

Chcąc zmierzyć opór *x*, przesuwamy przycisk *k* po strunie w jedną i drugą stronę, dopóki nie natrafimy na położenie, przy którym galwanoskop nie da żadnego odchylenia. Mostek pozabawiony będzie prądu, a stanie się to wówczas, gdy opór *x* będzie tyle razy większy od oporu *R*, ile razy opór *r*₁ będzie większy od oporu *r*₂.

Zmierzywszy w tem położeniu długość obu odcinków struny, obliczymy wielkość oporu nieznanego według wzoru:

$$\text{opór } x = \text{opór } R \times \text{stosunek oporów } \frac{r_1}{r_2}.$$

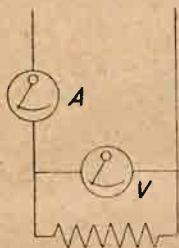
Przykład. Opór *R* = 5 Ω. Galwanoskop wskazywał 0, gdy długość odcinka struny *r*₁ = 60 mm, a długość odcinka *r*₂ = 20 mm. Obliczyć opór *x*.

Stosunek długości odcinków struny o równym przekroju jest jednocześnie stosunkiem oporów, a więc

$$\begin{aligned} \frac{r_1}{r_2} &= 60 : 20 = 3 \\ x &= 5 \times 3 = 15 \Omega \end{aligned}$$

Chcąc osiągnąć największą dokładność, należy starać się, aby opór porównawczy R był możliwie równy oporowi mierzonemu x . W tym wypadku przycisk k stanie pośrodku struny mierniczej.

Podobny mostek używany jest do mierzenia oporu stykowego między płytą ziemną a ziemią, np. przy odgromnikach (§54). Ponieważ przy prądzie stałym powstawałyby w ziemi pewne zjawiska natury elektrochemicznej (§ 3), przeto w tym wypadku posiłkujemy się prądem zmiennym. Induktor zastępuje baterję, a słuchawka telefonowa — galwanoskop. Obracając korbkę induktora, przesuwamy przycisk kontaktowy k po strunie mierniczej, dopóki w telefonie nie ucichnie szmer, pochodzący od prądu elektrycznego.



Rys. 98.

6. Amperomierz i woltomierz. Najprostszyszy sposób mierzenia oporu polega na przepuszczeniu prądu stałego przy włączonym amperomierzu i woltomierzu (rys. 98). Opór oblicza się według prawa Ohma:

$$\text{opór} = \text{napięcie} : \text{prąd.}$$

Przykład. Obliczyć opór cewki uzwojenia magnesowego. Przy prądzie 2 A napięcie na końcówkach cewki wynosiło 200 V.

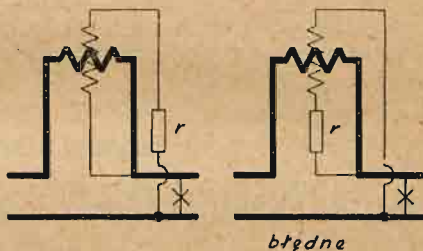
$$200 : 2 = 100 \Omega.$$

§ 49. Watomierze.

Przy prądzie stałym watomierze są zbyteczne, gdyż moc oblicza się z łatwością, mnożąc liczbę amperów przez liczbę woltów (§ 1). Inaczej jest z prądem zmiennym. Nie znając współczynnika mocy (§ 5), nie możemy bez watomierza określić ściśle liczby watów. Przy równoległym biegu prądnic, podczas dzielenia obciążenia, watomierze są wprost niezbędne.

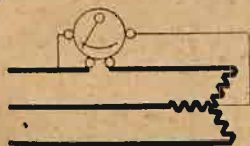
Pod względem ustroju watomierze różnią się zasadniczo od amperomierzy i woltomierzy. Wskazówka mierników mocy

porusza się zazwyczaj wskutek siły przyciągania i odpychania dwu cewek (§ 3), z których jedna bocznikowa czyli napięciowa jest ruchoma, a druga szeregową (głównikową) czyli prądową—stała. Przez cewkę pierwszą i opornik dodatkowy płynie, jak w woltomierzu, niewielki prąd odgałęziony, przez drugą zaś, jak w amperomierzu, prąd całkowity. Na rys. 99 przedstawione są dwa sposoby włączania opornika dodatkowego w odgałęzienie bocznikowe, przyczem pierwsze połączenie jest poprawne, a drugie błędne. Wskutek bowiem bliskiego sąsiedztwa cewek, zależy na tem, aby obie były pod napięciem możliwie jednakowym. W pierwszym wypadku cewka napięciowa przylega do tegoż bieguna, co prądowa, a od bieguna przeciwnego oddzielona jest opornikiem, w drugim zaś wypadku — przylega właśnie do bieguna przeciwnego.

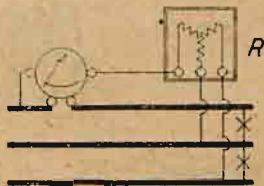


Rys. 99.

Pomiar mocy prądu trójfazowego przy równem obciążeniu wszystkich trzech faz możemy wykonać zapomocą jednego watomierza, przyczem włączamy cewkę prądową do przewodu dowolnego, a napięciową—między ten przewód a punkt zerowy. W sieciach czteroprze-



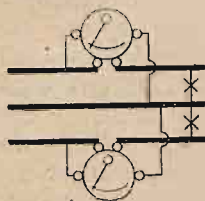
Rys. 100.



Rys. 101.

wodowych a także przy odbiornikach (np. silnikach), połączonych w gwiazdę, punkt zerowy jest łatwo dostępny a przyłączenie watomierza (rys. 100) nie nastrecza żadnej trudności.

Natomiast w wypadkach, gdy niema punktu zerowego, trzeba posiłkować się specjalnym opornikiem rozdzielczym R (rys. 101).



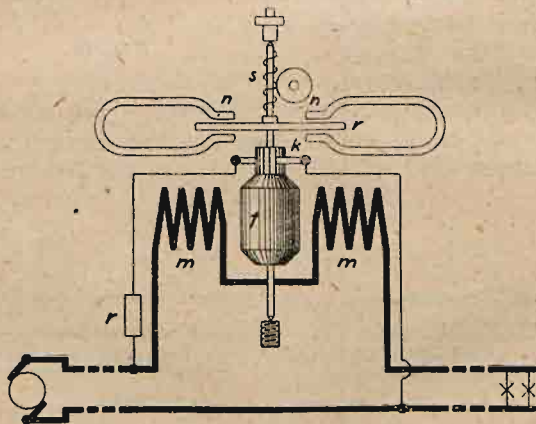
Rys. 102.

Dokładny pomiar mocy prądu trójfazowego o nierównym obciążeniu faz wymaga dwóch watomierzy, włączonych według układu rys. 102. Posiłkując się przy mierzeniu mocy prądu trójfazowego jednym watomierzem z podziałką dla prądu jednofazowego, należy mnożyć liczbę wskazaną przez 3, a posiłkując się dwoma watomierzami, należy dodawać wskazania obu przyrządów.

Przy wysokim napięciu prądu zmiennego watomierze przyłączamy za pośrednictwem transformatorów miernikowych (rys. 52).

§ 50. Liczniki kilowatogodzin.

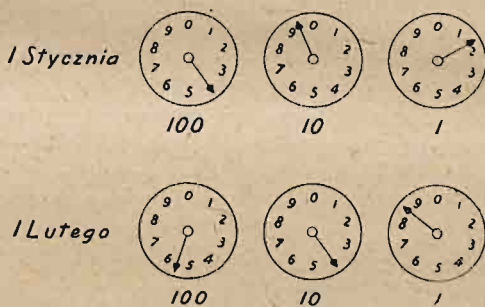
Najwięcej rozpowszechnione są liczniki silnikowe (czyli „motorowe”), których ustrój widzimy na rys. 103. Na osi pio-



Rys. 103.

nowej umieszczony jest mały tworniczek t z kolektorem k i tarcza glinowa (aluminjowa) r . Tworniczek obraca się w polu

magnetycznym, wzbudzonem przez cewki m, m , tarcza zaś obraca się w polu magnesów stałych n, n . Przez cewki m, m płynie prąd całkowity, jak przez amperomierz, przez tworniczek zaś t i opornik dodatkowy r płynie prąd odgałęziony, jak przez woltomierz. Innemi słowy, gałąź głównikowa czyli szeregowa (inaczej prądowa) obejmuje uzwojenie magnesowe, a gałąź bocznikowa (inaczej napięciowa) — uzwojenie twornikowe. Pod wpływem prądu licznik pracuje jak silnik i wykonuje nawet pewną pracę, mianowicie obraca tarczę glinową w polu magnetycznym. Licznik wiruje tem prędzej, im prąd jest mocniejszy. Za pośrednictwem przekładni ślimakowej s



Rys. 104.

oś licznika porusza mechanizm do obliczania obrotów. W licznikach dawnych obracały się strzałki na kilku tarczach liczbowych (rys. 104), w obecnych ukazują się odrazu liczby. Różnica liczb, wskazywanych przez licznik w pewnym okresie czasu, jest miarą ilości kilowatogodzin.

Przykład. Na rys 104 podane są wskazania licznika w dniu 1 stycznia i 1 lutego. Obliczyć ilość kilowatogodzin, zużytych w ciągu stycznia

W dniu 1 stycznia licznik wskazuje 392 (nie 492!),

„ 1 lutego „ „ 539 (nie 549!).

$$539 - 392 = 147 \text{ kWh.}$$

Liczniki włącza się do sieci tak, jak watomierze. Pomiar pracy prądu trójfazowego przy równym obciążeniu wszystkich trzech faz możemy wykonać zapomocą jednego licznika, przy nierównym zaś obciążeniu — zapomocą dwóch liczników.

W ostatnim wypadku zamiast dwóch osobnych liczników używamy jednego, który obejmuje dwa przyrządy, sprzężone w jedną całość i poruszające wspólny mechanizm do obliczania kilowatogodzin.

Przy wysokim napięciu prądu zmiennego przyłączamy liczniki za pośrednictwem transformatorów miernikowych (rys. 52).

Liczniki należy zawieszać w pomieszczeniach suchych, niezbyt gorących, o możliwie stałej temperaturze, a przytem wolnych od wstrząszeń (zdala od drzwi!).

Uszkodzenia zdarzają się rzadko. Wadliwe działanie przyrządu może wynikać wskutek zmniejszenia się siły magnesów stałych, wskutek przerwy przewodnika, uszkodzenia izolacji, nadtopienia kontaktów, pęknięcia oprawy, skrzywienia się płyty podstawowej, pęknięcia kamienia łożyskowego lub też wskutek zanieczyszczenia kolektora, łożysk lub przedkładni ślimakowej.

Mechanizm licznika czyścimy pendzelkiem włosianym i myjemy benzyną, kolektor wycieramy taśmą bawełnianą, myjemy pendzelkiem zwilżonym w eterze i powtórnie wycieramy taśmą. Szmerglowanie kolektorka jest wzbronione. Łożyska smarujemy rzadkim olejem kostnym.

Przyrządy rozdzielcze i ochronne.

§ 51. Łączniki.

Przyrządy rozdzielcze czyli łączniki służą do zamykania i otwierania obwodu elektrycznego lub do wprowadzania w nim zmian. Rozróżniamy dwa rodzaje przyrządów rozdzielczych: