

## Pomiary.

W elektrotechnice mamy do czynienia z rozmaitymi przyrządami mierniczymi. Do mierzenia natężenia prądu stosujemy **amperomierze**, napięcia i siły elektromotorycznej — **woltomierze**, mocy prądu — **watomierze**, pracy prądu — **liczniki elektryczne**, oporności — **omomierze** i mostek Wheatstona\*)

---

### 27. Woltomierze i amperomierze.

Zasada budowy amperomierzy i woltomierzy jest jednako-  
wa, inne tylko są szczegóły i sposoby włączania w obwód.

Na rys. 47 wskazane jest zastosowanie woltomierza i amperomierza do pomiarów w obwodzie lamp żarowych. Woltomierz wskazuje tu napięcie pomiędzy przewodami, a amperomierz prąd, płynący do lamp.

Woltomierz łączymy zawsze z dwoma punktami obwodu, pomiędzy którymi mierzymy napięcie. Do woltomierza płynie prąd odgałęziony; praca tego prądu wytwarza ciepło, nie mające praktycznego zastosowania. Z tego względu staramy się prąd płynący do woltomierza stosować jaknajmniejszy i w tym celu opór woltomierza bierzemy tem większy, im wyższe jest

---

\*) Czytaj: Uistona.

napięcie. Np. dla mierzenia napięcia 115 V stosujemy woltomierz z opornością 3600 omów.

Według prawa Ohma prąd, płynący do woltomierza wyniesie:

$$i = \frac{115}{3600} = 0,032 \text{ A.}$$

Moc tego prądu:

$$P = 115 \times 0,032 = 3,68 \text{ wata.}$$

Amperomierz łączymy zawsze w szereg z odbiornikami.

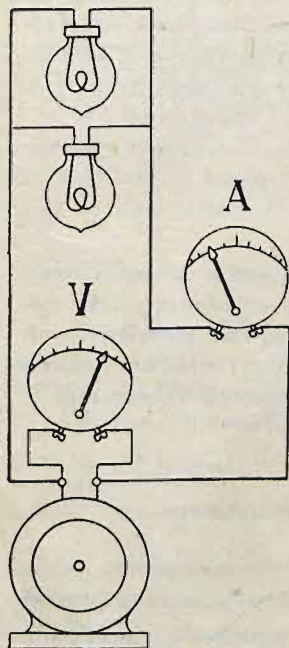
Do mierzenia prądu w obwodzie lamp żarowych rys. 47, wprowadzamy amperomierz w to miejsce obwodu, gdzie chcemy mierzyć prąd. Amperomierz wskazany na rys. 47 mierzy cały prąd, płynący z prądnicy do lamp, on włączony jest w przewodzie prawym, który, przypuśćmy, jest ujemny, czyli powrotny; to samo byśmy znaleźli, gdybyśmy amperomierz umieścili w przewodzie dodatnim-dopływowym, ponieważ taki sam prąd dopływa do lamp, jaki wraca z lamp do prądnicy.

Przepływając przez amperomierz, prąd ogrzewa go. Ciepło to jest

również bezużyteczne, więc staramy się je zmniejszyć, jak tylko można. W tym celu bierzemy opór amperomierzy możliwie mały.

Np. jeżeli prąd, przepływający przez amperomierz, wynosi 50 amperów, to zastosujemy amperomierz z opornością koło 0,002-oma, w takim razie napięcie na końcówkach amperomierza według prawa Ohma, wyniesie:

$$v = 0,002 \times 50 = 0,1 \text{ V,}$$



Rys. 47.

a moc prądu, wytwarzająca ciepło w amperomierzu:

$$p = 0,1 \times 50 = 5 \text{ watów.}$$

Im większy jest prąd, tem mniejszy wypada stosować opór w amperomierzu.

Zestawiając wyniki powyższych obliczeń, stwierdzamy, że dla osiągnięcia małych strat energii w amperomierzach i woltomierzach, należy oporność woltomierzy brać wielką, a amperomierzy — małą.

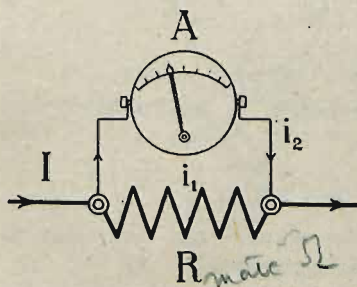
Wykonanie tych przyrządów zależy od warunków użycia. Amperomierze i woltomierze tablicowe, umocowane najczęściej nieruchomo, wykonane są w okrągłych metalowych pudełkach różnej średnicy, przenośne zaś tak zwane montarzowe, często się wyrabiają w pudełkach drewnianych rys. 48 z paskiem do przenoszenia.



Rys. 48.

## 28. Rozszerzenie skali amperomierza.

Mierzenie znacznych prądów przyrządami o dużym oporze, zbudowanymi na prądy słabe, umożliwiaamy za pomocą bocznika.



Rys. 49.

Gdy, ze względu na budowę przyrządu, amperomierz musi mieć oporność znaczną, to dodajemy tak zwany bocznik, rys. 49. Bocznik stanowi, włączony równolegle do amperomierza, krótki przewód  $R$  o małej oporności. Prąd główny  $I$  dzieli się na dwa prądy  $i_1$  i  $i_2$ , które według prawa Kirchhoffa, są odwrotnie proporcjonalne do oporności amperomierza  $A$  i bocznika  $R$ .

Założmy, że prąd  $I$  wynosi 100 amperów, oporność amperomierza — jeden om, a bocznika —  $\frac{1}{999}$  oma; dzieląc 100 am-

perów odwrotnie proporcjonalnie do liczb 1 i  $\frac{1}{999}$  znajdziemy, że prąd, płynący przez bocznik, wynosi:

$$\frac{100}{1 + \frac{1}{999}} \times 1 = \frac{100}{\frac{1000}{999}} = 99,9 \text{ A},$$

a prąd, płynący przez amperomiarz:

$$100 - 99,9 = 0,1 \text{ A}.$$

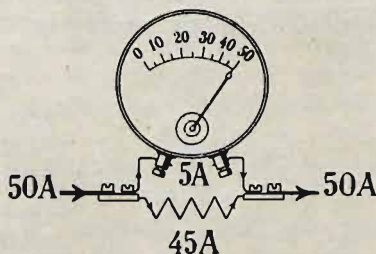
Widzimy więc, że prawie cały prąd płynie przez bocznik i tylko nieznaczna część jego wchodzi do amperomierza i odchyła wskazówkę.

Włączając bocznik, możemy rozszerzyć skalę gotowego amperomierza. Np. amperomierz, który przy największym wychyleniu wskazówki wskaże 5 A, rys. 50, chcemy zastosować do mierzenia prądu, którego wielkość może osiągnąć 50 A.

Wtedy równolegle do amperomierza włączymy bocznik, którego oporność dobieramy w ten sposób, aby tylko dziesiąta część całego prądu przepływała przez amperomierz, rys. 51. Na amperomierzu piszemy liczby, oznaczające cały prąd płynący przed rozgałęzieniem.



Rys. 50.



Rys. 51.

Jeżeli oporność amperomierza wynosi np. 0,02 oma, to bocznik powinien mieć oporność  $\frac{1}{450}$  oma.

Taki bocznik w razie potrzeby można umieścić wewnątrz przyrządu.

Ogólny wzór dla obliczenia oporności bocznika wyprowadzimy na zasadzie następującego rozumowania.



Stosujemy oznaczenia podane na rys. 49: prąd nierozgałęziony —  $I$ , prąd w boczniku —  $i_1$ , prąd w amperomierzu —  $i_2$ , oporność bocznika —  $R$ , oporność amperomierza —  $r$ .

Według prawa Kirchhoffa.

$$\frac{i_1}{i_2} = \frac{r}{R}$$

Stąd proporcja pochodna.

$$\frac{i_1 + i_2}{i_2} = \frac{r + R}{R}$$

Ponieważ  $I = i_1 + i_2$ ,

więc:

$$I = i_2 \frac{r + R}{R}$$

Założmy, że mamy zwiększyć skalę  $m$  razy, to

$$\frac{I}{i_2} = m$$

więc:

$$\frac{I}{i_2} = m = \frac{r + R}{R},$$

skąd wypada, że:

$$R = \frac{r}{m - 1}.$$

**Przykład.** Oporność amperomierza wynosi  $1 \Omega$  skalę trzeba rozszerzyć 10 razy. Jaka ma być oporność bocznika?

Według powyższego wzoru:

$$R = \frac{1}{10 - 1} = \frac{1}{9} \Omega.$$

## 29. Rozszerzenie skali woltomierza.

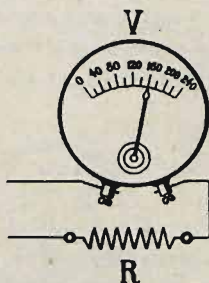
Woltomierz, jak widzieliśmy wyżej, musi mieć oporność wielką, więc zwykle w szereg z woltomierzem włączamy tak zwane oporniki dodatkowe. Tego rodzaju opornik pozwala również rozszerzyć skalę przyrządu.

Mamy woltomierz, którego skala kończy się na 120 woltach rys. 52. Chcąc przystosować taki woltomierz do mierzenia napięcia, sięgającego 240 woltów, dodajemy opornik,  $R$  włączony w szereg, rys. 53 i piszemy na skali liczby podwójne. Ponieważ skalę mamy powiększyć dwukrotnie więc oporność oporu dodatkowego znajdziemy według rozumowania następującego.

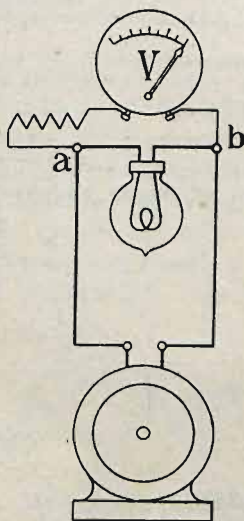
Jeżeli woltomierz przy napięciu 240 V ma dawać te same



Rys. 52.



Rys. 53.



Rys. 54.

odchylenie co przy napięciu 120 V, to w obu przypadkach przez woltomierz powinien płynąć ten sam prąd, a więc stosownie do prawa Ohma oporność obwodu woltomierza w pierwszym przypadku powinna być dwa razy większa. Z tego wynika, że w rozważanym przykładzie oporność dodatkowego oporu  $R$  rys. 53, powinna być równa oporności samego woltomierza.

Połączenie woltomierza, zaopatrzonego w opór dodatkowy, z obwodem lampy widzimy na rys. 54. Z której strony

woltomierza włączymy opór dodatkowy czy na drucie połączonym z zaciskiem  $a$  czy z  $b$ , to jest wszystko jedno.

Rozważmy jeszcze jak obliczyć wielkość oporu dodatkowego przy woltomierzu w ogólnym przypadku.

Mamy woltomierz sporządzony do pomiaru najwyższego napięcia  $v_1$  woltów, oporność tego woltomierza jest  $r$ .

Mamy zamiar tym samym woltomierzem zmierzyć wyższe napięcie  $v_2$  t. j. rozszerzyć skalę  $m$  razy:

$$m = \frac{v_2}{v_1}.$$

W tym celu włączamy w obwód woltomierza opór dodatkowy, którego oporność oznaczamy przez  $R$ .

Założmy, że przy napięciu  $v_1$  woltomierz bez oporu dodatkowego daje te same wychylenie co z oporem dodatkowym przy napięciu  $v_2$ . Wtedy niewątpliwie w obu przypadkach przez woltomierz płynie ten sam prąd, więc według prawa Ohma możemy napisać:

$$\frac{v_1}{r} = \frac{v_2}{r + R}.$$

Stąd:

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{r + R}{r},$$

albo:

$$m = \frac{r + R}{r}.$$

Stąd:

$$R = (m - 1) \cdot r.$$

**Przykład.** Oporność woltomierza  $r = 3600 \, \Omega$ ; skala ma być zmieniona ze 150 woltowej na 450 woltową. Jaki zastosować opór dodatkowy?

$$m = \frac{450}{150} = 3,$$

więc:

$$R = (3 - 1) \times 3600,$$

czyli:

$$R = 7200 \, \Omega.$$

### 30. Ustrój boczników i oporów dodatkowych.

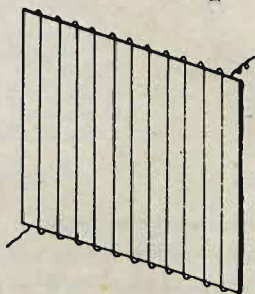
Przy sporządzaniu oporów dodatkowych i boczników główną uwagę zwracamy na dokładną wielkość i stałość oporności, a szczególnie na niezależność od temperatury. To też nie można robić tych przyrządów ani z miedzi, ani z żelaza, ani z żadnych czystych metali.



Rys. 55.

Boczniki i opory dodatkowe sporządzamy ze stopów metali, najlepiej z tak zwanego manganinu, stanowiącego stop miedzi z manganem, gdyż oporność tego stopu najmniej zależy od temperatury. Dla lepszego chłodzenia otaczającym powietrzem, boczniki sporządzamy w kształcie pasków lub rurek, gdyż one mają zwykle oporność małą. Na rys. 55 widzimy bocznik na 150 amperów.

Oporniki do woltomierzy, wobec ich znacznej oporności, nawijamy z cienkiego drutu. Dla dobrego chłodzenia i zmniejszenia samoindukcji, drut ten często nawija się na cienkie płytki mikowe rys. 56.



Rys. 56.

Przy użyciu boczników należy zwracać uwagę na różne zaciski dla doprowadzenia prądu i dla połączenia z amperomierzem, tylko pomiędzy wewnętrznymi zaciskami rys. 55 bocznik ma dokładną oporność.



Druty łączące bocznik z amperomierzem mają wpływ na wskazania amperomierza przez swą oporność, więc często dodają się do danego układu przyrządów i wtedy **nie można** ich ucinąć, ani sztukować. bo przyrząd będzie mylnie wskazywał. Tylko przyrządy pomiarowe o dużej oporności np. 100  $\Omega$  można włączać dowolnymi drutami miedzianymi, oczywiście nie zbyt już długimi i cienkimi.

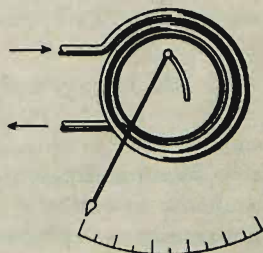
Boczniki i oporniki dodatkowe trzeba strzec od przeciążenia prądem gdyż łatwo je uszkodzić przez nadmierne rozgrzanie.

W pracowniach elektrotechnicznych, gdzie wypada często mierzyć dokładnie różne prądy i różne napięcia, mamy zwykle do jednego woltomierza dużo oporów dodatkowych, a do jednego amperomierza dużo boczników. Często nawet ten sam przyrząd mierniczy stosujemy kolejno jako woltomierz i jako amperomierz, dodając w razie potrzeby odpowiednie boczniki lub oporniki dodatkowe.

### 31. Przyrządy pomiarowe elektromagnetyczne. 3

Amperomierze i woltomierze elektromagnetyczne są najprostrze. Budowa tych przyrządów opiera się na działaniu zwojnic z prądem na ruchome blaszki żelazne, które obracają się w ten sposób, aby stanąć w miejscu największej gęstości linii magnetycznych.

Szczegóły ustroju takich przyrządów bywają różne. Na rys. 57 widzimy zasadę budowy przyrządów Hummel'a. Wewnątrz zwojów drutu, po których przebiega prąd, znajduje się zgięta po łuku blaszka żelazna ze wskazówką. Wskazówka z blaszką obraca się wokół osi, umieszczonej nieco w bok od środka zwojnicy, skutkiem tego blaszka zbliża się do przewodników po których płynie prąd, gdzie linje magnetyczne są gęstsze niż w środku



Rys. 57.

Wskazówka odchyła się tem więcej im silniejszy jest prąd. Kiedy prądu niema wcale, to wskazówka wraca na zero skali pod wpływem ciężaru blaszki żelaznej.

Woltomierze tego rodzaju mają zwojnice z cienkiego drutu, izolowanego jedwabiem, z bardzo wielką ilością zwojów, w celu osiągnięcia znacznego strumienia magnetycznego przy słabym prądzie. W szereg ze zwojnicą włączamy często opór dodatkowy.

Zwojnice amperomierzy mają mało zwojów grubego drutu. Im silniejszy jest prąd, tem mniej bierzemy zwojów i tem grubszy przewodnik; gdy prąd jest bardzo silny, to wystarcza jeden zwój, utworzony przez odpowiednio zgiętą sztabę miedzianą. W amperomierzach tego rodzaju boczniki nie są stosowane.

Amperomierze i woltomierze elektromagnetyczne używają się do mierzenia prądów stałych i zmiennych. Gdy prąd jest zmienny to wskazówka nie zdąży wahać się za bardzo szybko zmiennym prądem, stoi więc w miejscu, wskazując średnią, tak zwaną, skuteczną wartość prądu\*).

Przy prądzie zmiennym żelazo ma nieco odmienne właściwości, niż przy prądzie stałym i w różnych częściach przyrządu powstają prądy wirowe, wypada więc dla prądu zmiennego wyznaczać na przyrządach inne działki, niż dla prądu stałego. Z tego względu na takich przyrządach mamy czasem dwie skale. Jedną dla prądu stałego i drugą dla zmiennego. Przyrządy nowe tego rodzaju mają żelazo takiego gatunku, że ta sama skala służy dla prądów zmiennych i stałych.

## 32. Przyrządy magnetoelektryczne według Deprez-d'Arsonval'a \*\*).

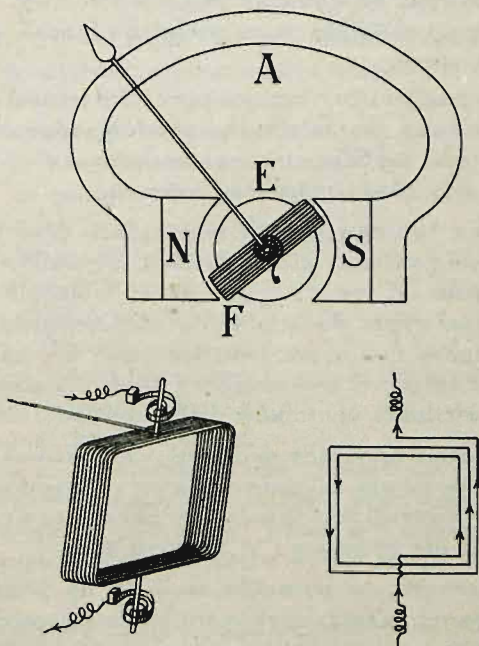
Według Deprez-d'Arsonval'a, nieruchomy magnes obraca ruchomą zwojnicę z prądem. Na rys. 58 wskazane są wszystkie zasadnicze składowe części przyrządu pomiarowego *N A S* — stały magnes stalowy. Pomiędzy biegunami *N* i *S* umiesz-

\*) Patrz rozdział o prądach zmiennych.

\*\*) Czytaj Depredarsonwala.

czony jest nieruchomo walec żelazny  $E$  w celu skupienia linii magnetycznych i wytworzenia w ten sposób w szczelinie pomiędzy walcem i biegunami strumienia magnetycznego o znacznej gęstości linii.

Nieruchomy walec obejmuje ruchoma kwadratowa zwojnica  $F$ , pokazana na rys. 59 osobno. Zwojnica ta jest zaopa-



Rys. 58, 59 i 60.

trzona we wskazówkę i dwie sprężyny spiralne, utrzymujące ją w położeniu zera skali, gdy nie ma prądu. Bieg prądu w tej zwojnicy pokazany na rys. 60.

Na podstawie magnetycznych własności prądu wiemy, że linie magnetyczne wywołane przez prąd biegną tak, jak gdyby z jednej strony zwojnicy był biegun północny, a z drugiej — południowy. Magnes nieruchomy stara się przekreślić



zwojnicę w ten sposób, aby biegun północny zwojnicy stanął naprzeciw bieguna południowego magnesu. Przeciwdziałają temu sprężynki spiralne rys. 60, przymocowane jednym końcem do osi zwojnicy, a drugim do nieruchomej ramy przyrządu. Im silniejszy jest prąd w zwojnicy, tem więcej przekręca on zwojnicę.

Jeżeli odwróci się kierunek prądu w zwojnicy, to zmienia się jej bieguny i skutkiem tego zwojnica obracać się będzie w przeciwną stronę.

Z tego względu przyrządy Deprez-d'Arsonval'a nie mogą być stosowane do mierzenia prądów zmiennych. Pod wpływem prądu szybkozmiennego wskazówka nie odchyła się, a tylko drży około położenia zerowego.

Ruchoma zwojnica w tych przyrządach musi być lekka, więc nie może zawierać dużo zwojów i nie można jej robić z grubego drutu. Z tego względu takie woltomierze muszą mieć zazwyczaj opory dodatkowe, a amperomierze-boczniki. Ten sam magnes z tą samą zwojnicą może być zastosowany do budowy rozmaitych woltomierzy i amperomierzy przy włączeniu odpowiednich oporników dodatkowych i boczników.

Tego rodzaju przyrządy można używać jako wskaźniki kierunku prądu, ponieważ zależnie od kierunku prądu wskazówka odchyła się w różne strony. Wtedy zero umieszcza się na środku skali i działki idą w prawo i w lewo od zera.

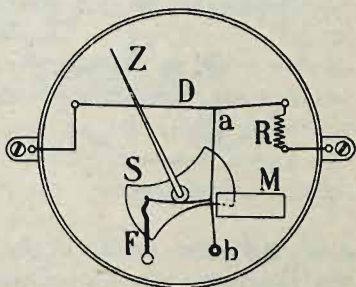
Jeżeli zero jest na początku skali, to na jednym z zacisków śrubowych, przez które wprowadza się prąd do przyrządu, stawiamy znak (+), oznacza on ten zacisk, który należy połączyć z dodatnim biegunem źródła prądu, aby otrzymać właściwe odchylenie wskazówki. Nie wiedząc gdzie jest dodatni biegun źródła prądu, łatwo go znaleźć, przepuszczając prąd na próbę przez powyższy przyrząd. Jeżeli wskazówka odchyli się właściwie, to znaczy biegun dodatni źródła prądu jest połączony z zaciskiem przyrządu, oznaczonym znakiem (+); jeżeli zaś wskazówka odskoczy w stronę przeciwną, to należy wymienić druty, zaciśnięte pod śrubami.



Według Depre-d'Arsonvala sporządzają się najdokładniejsze przyrządy miernicze, skala ich jest równomierna, to znaczy że działki na początku w środku i na końcu skali są w równych odstępach.

### 33. Przyrządy cieplne. 21

Na rys. 61 wskazane jest urządzenia woltomierza, a na rys. 62 — urządzenie amperomierza cieplnego. W każdym z tych przyrządów mamy cienki drucik *D*, zrobiony ze stopu platyny z irydem. Drucik ten rozgrzewa się prądem i wydłuża. Do drucika *D* w punkcie *a*, rys. 61 przymocowany jest inny drucik *ab*, którego koniec *b* — przytwierdzony nieruchomo do pudełka. Do tego drugiego drucika przywiązana jest niteczka owinięta wokół bloczka i przyczepiona drugim końcem do sprężyny *F*. Na bloczku mamy umocowaną wskazówkę *Z*. Gdy drucik *D* wydłuża się, to pod wpływem sprężynki *F* punkt *a* przesuwają się w dół, drucik *ab* wygina się w lewo i nitka obraca bloczek, a razem z bloczkiem przekręca się wskazówka.



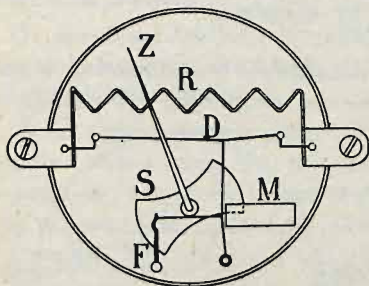
Rys. 61.

Im silniejszy mamy prąd, tem mocniej rozgrzewa się i wydłuża drucik *D*, skutkiem czego otrzymujemy większe odchylenie wskazówki przyrządu. Magnes *M* i blaszka *S* służą do hamowania zbyt gwałtownych ruchów wskazówki. Magnes *M* jest nieruchomy, blaszka glinowa\*), przymocowana do osi bloczka, obraca się razem z nim. W czasie ruchu blaszki *S* w pobliżu magnesu powstają w niej prądy wirowe. Działanie magnesu na te prądy hamuje ruch blaszki.

\*) Aluminjowa.

Opór drutu  $D$  jest niewielki, bo chociaż jest to drut cienki, ale zarazem i krótki, więc woltomierz cieplny musi być zaopatrzony w opór dodatkowy,  $R$  rys. 61.

Drut  $D$  jest cienki, więc silne prądy przez niego przepływać nie mogą, skutkiem tego amperomierz cieplny ma zwykle bocznik  $R$ , rys. 62.



Rys. 62.

Tu kierunek prądu oczywiście nie może mieć wpływu na odchylenie wskazówki, bo czy prąd płynie w jedną, czy w drugą stronę ogrzewa on drut jednakowo. Z tego względu przyrządy te mogą być stosowane przy prądach stałych i zmiennych. Przy mierzeniu prądu zmiennego wskazania odczytujemy na tej samej skali, co przy

prądzie stałym; wtedy liczby, które wskazuje przyrząd, stanowią skuteczną wartość napięcia lub natężenia prądu.

### 34. Przyrządy elektrodynamiczne i indukcyjne.

Oprócz przyrządów opisanych wyżej na wzmiankę zasługują przyrządy elektrodynamiczne, w których mamy dwie zwojnice z prądem: jedną nieruchomą, a drugą ruchomą. Amperomierze i woltomierze tego rodzaju stosują się zwykle przy dokładnych pomiarach prądu zmiennego, chociaż można temi przyrządami mierzyć i prąd stały, odczytując wskazania na tej samej skali.

Pozatem mamy jeszcze przyrządy pomiarowe indukcyjne. Zasadą ich jest działanie elektromagnesów, zasilanych prądem zmiennym, na ruchome krążki lub bębny miedziane albo glinowe, w których przez indukcję powstają prądy wirowe. Takie przyrządy odchylają się tylko pod wpływem prądu zmiennego, bo przy prądzie stałym nie ma indukcji, prądy wirowe nie powstaną i elektromagnesy na miedź i glin nie działają.

### 35. Watomierze.

Moc prądu elektrycznego wyraża się iloczynem napięcia przez natężenie prądu, więc łatwo, mając woltomierz obliczyć liczbę watów mocy prądu. Są jednak przyrządy, które wprost wskazują waty. Szczególne znaczenie mają one przy prądach zmiennych gdzie chodzi nam o wyznaczenie watów średnich, a iloczyn skutecznej wartości prądu przez skuteczne napięcie nie zawsze wyraża dokładnie średnią moc prądu\*).

Z tego względu watomierze stosują się zazwyczaj do mierzenia mocy prądu zmiennego.

W watomierzach mamy dwie zwojnice. Przez jedną z nich, zazwyczaj nieruchomą, płynie cały prąd, którego moc mierzymy. Jest to zwojnica wewnętrzna na rys. 63. Druga zwojnica ruchoma połączona jest z przewodami przeciwnych biegunów. Przez nią płynie prąd odgałęziony od tych punktów, pomiędzy którymi mamy właściwe napięcie.

Zwojnica nieruchoma robi się z drutu różnej grubości zależnie od wielkości prądu, płynącego do odbiorników. Przy bardzo silnych prądach zamiast drutów stosują się dla utworzenia tej zwojnicy taśmy miedziane, ze względu na szybsze ochładzanie się takich przewodników i łatwość zginania. Zwojnica ruchoma jest nawinięta w kształcie prostokątnej ramki z cienkiego drutu izolowanego jedwabiem. Dla zmniejszenia prądu, płynącego do tej zwojnicy, włączamy w szereg opór dodatkowy  $R$ . Opór ten bierzemy tem większy, im wyższe jest napięcie pomiędzy przewodami.

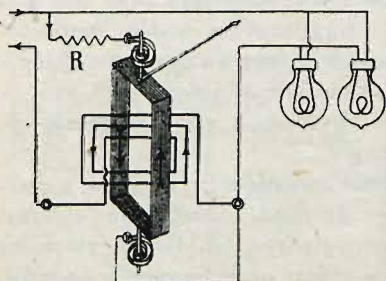
Na zasadzie przyciągania się prądów równoległych jednokierunkowych i odpychania się prądów płynących w różnych kierunkach, jak łatwo spostrzec na rys. 63, zwojnica nieruchoma obraca zwojnicę ruchomą w kierunku odwrotnym do ruchu wskazówek zegarka.

Przy obracaniu się zwojnicy skręcają się i zatrzymują zwojnicę sprężynki spiralne, przymocowane jednym końcem do osi, a drugim do nieruchomej ramki.

\*) Patrz § 60 o prądach zmiennych.



Siła, obracająca zwojnicę ruchomą, zależy w równej mierze od prądu w zwojach nieruchomych, jak i w zwojach ruchomych. Prąd w ruchomej zwojnicy zależy od napięcia pomiędzy przewodami, t. j. od woltów prądu roboczego, a w nieruchomej zwojnicy mamy cały prąd, płynący od od-



Rys. 63.

biorników, zależny od amperów prądu roboczego, więc ruchoma zwojnica przekręci się tem więcej, im większe będą wolt-y i ampery prądu roboczego, t. j. im większa będzie jego moc. Działki na skali takich przyrządów są zwykle nakreślone w ten sposób, że liczby wskazują moc prądu w kilowatach.

Zwojnice umieszczają się najczęściej w okrągłym pudełku. Nazewnierz wyprowadzone są cztery zaciski: dwa od cienkiej zwojnicy, a dwa od grubej, lub też trzy, o ile jeden z końców cienkiej zwojnicy jest przyłączony do zacisku zwojnicy grubej wewnątrz pudełka.

### 36. Liczniki elektryczne.

Wszelkie rachunki handlowe, dotyczące sprzedaży i kupna energii, przenoszonej przy pomocy prądu elektrycznego, odbywają się na podstawie zużywanej pracy prądu elektrycznego.

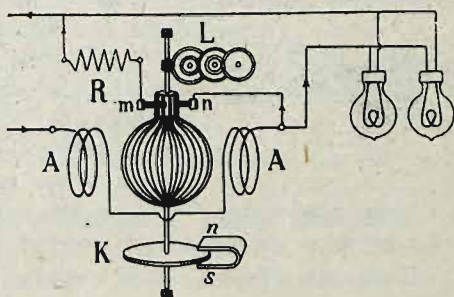
Przyrządy, służące do mierzenia tej pracy, nazywamy miernikami albo licznikami elektrycznymi. Mamy w użyciu dosyć dużo różnych gatunków liczników, jednak tak zwane liczniki motorowe są najbardziej rozpowszechnione, ze względu na dosyć prostą i trwałą budowę.

Zasadę urządzenia licznika motorowego widzimy na rys. 64. Prąd główny, roboczy, płynący do lamp, przechodzi przez nieruchome zwojnice *A, A*. Prąd odgałęziony od przewodów płynie przez opornik *R*, do ruchomych zwojów umo-



cowanych na osi. Do tych zwojów prąd dopływa przez pędzelki z drucików  $m$  i  $n$  zwane szczotkami. One dotykają walca utworzonego z metalowych płytek izolowanych, stanowiących tak zwany kolektor. Końce zwojów ruchomych są przylutowane do płytek kolektora i w ten sposób prąd ze szczotek przez kolektor dopływa do ruchomych zwojów na osi licznika.

Gdy prąd przepływa jednocześnie przez ruchome i nieruchome zwoje, oddziaływanie przewodników nieruchomych na ruchome wprawia w ruch obrotowy oś licznika.



Rys. 64.

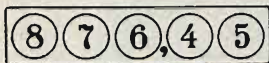
Dla osiągnięcia jednostajności ruchu u dołu na osi jest umocowany krążek miedziany lub glinowy  $K$ . Pod wpływem magnesu  $n$   $s$ , obejmującego ten krążek, powstają w nim w czasie ruchu prądy wirowe. Działanie magnesu na krążek z prądami wirowymi hamuje ruch obrotowy osi licznika.

Siła obracająca oś licznika, jest tem większa, im więcej amperów płynie w głównych przewodach i im więcej woltów napięcia mamy pomiędzy temi przewodami. Oś licznika obraca się tem szybciej, im większą jest siła obracająca. Więc liczba obrotów osi licznika jest wprost proporcjonalna do wielkości i napięcia prądu roboczego, a pozatem do czasu w ciągu którego prąd płynął.

Z poprzednich rozdziałów wiemy, że iloczyn napięcia, natężenia czyli wielkości prądu i czasu wyraża pracę prądu. Więc praca prądu jest wprost proporcjonalna do liczby obrotów osi licznika. Przez odpowiednie pomiary znajdujemy ile obrotów osi odpowiada jednej kilowatogodzinie; mając tę

liczbę, łatwo podług ilości obrotów osi obliczyć w kilowatogodzinach pracę prądu.

Dla ułatwienia rachunku na osi licznika znajduje się ślimak, obracający szereg kółek *L*, z których każde następne wykonuje dziesięć razy mniej obrotów od poprzedniego. Na tych kółkach są cyfry od 0 do 9. Mechanizm kółkowy zakryty jest tarczą z okienkami, w których z każdego kółka widać tylko po jednej cyfrze. Szereg cyfr w okienkach licznika rys. 65 wyraża pewną liczbę np.: 876,45. Gdy oś licznika obraca się, to liczba ta stopniowo powiększa



Rys. 65.

się i kiedy osiągnie 999,99 to wszystkie cyfry przeskakują na 0 i zaczyna się stopniowy przyrost liczby od 000,00.

Gwint na ślimaku i liczba zębów pierwszego kółka dobiera się w ten sposób, aby przyrost liczby, ułożonej z cyfr w okienkach licznika, wyrażał od razu ilość kilowatogodzin pracy prądu, zużytej w tym czasie w ciągu którego odbył się przyrost powyższej liczby.

A więc jeżeli rano 1 maja zanotujemy liczbę:

876,45,

a następnie rano 1 czerwca licznik wskaże liczbę:

895,50,

to obliczymy, że w ciągu maja zużyto prądu:

$$895,50 - 876,45 = 19,05 \text{ kilowatogodzin.}$$

Jeżeli w czasie pomiędzy dwoma odczytami licznika liczba przejdzie przez 999,99, to oczywiście trzeba oddzielnie obliczyć przyrost do 999,99, a następnie do liczby 000,00 dalej i te dwa przyrosty dodać do siebie.

Dla ułatwienia sprawdzania licznika na pokrywce wskazana jest zwykle zależność szybkości biegu licznika od mocy prądu. Więc np. napisano, że przy 100 watach mocy prądu oś licznika wykonuje 9,333 obrotów na minutę. Przez osob-

ne okienko w pokrywie licznika widać jak obraca się dolny krążek, na którym dla liczenia obrotów krążka jest zwykłe biała lub czerwona kreska.

Gdy mamy odpowiedni opornik, który pochłania dokładnie 100 watów prądu, to włączamy go w obwód i liczymy obroty osi licznika w ciągu określonego czasu, który wyznaczamy za pomocą zegarka z sekundnikiem.

Jeżeli licznik w trzy minuty wykona dokładnie 28 obrotów, skąd wypada 9,333 obrotów na minutę, to licznik jest zupełnie dobry. Zresztą jeżeli by nawet wypadła inna liczba większa lub mniejsza o kilka procent, to taki licznik jeszcze jest zdatny do użytku bez naprawy. Elektrownie miejskie, które ustawiają liczniki u odbiorców prądu, zazwyczaj określają dokładnie, jaki procent błędu może być dozwolony.

Gdy chodzi o dokładne sprawdzenie licznika, to włączamy w obwód watomierz, notujemy wskazanie watomierza i jednocześnie określamy dokładnie czas, w ciągu którego oś licznika wykonała pewną całą liczbę obrotów, a więc np. 430 obrotów w ciągu 10 minut i 2 sek., przytem średnie wskazanie watomierza wynosi 459 watów.

$$10 \text{ m. i } 2 \text{ sek.} = 10 \frac{1}{30} \text{ min.}$$

więc liczba obrotów osi na minutę wynosi:

$$\frac{430}{10 \frac{1}{30}} = 42,85.$$

Z napisu na pokrywce wiemy, że licznik powinien wykonać 9,333 obrotów na minutę przy 100 watach, a więc przy 459 watach musi wykonać 4,59 razy więcej, co stanowi:

$$9,333 \times 4,59 = 42,838 \text{ obrotów na minutę.}$$

Liczba ta różni się od liczby 42,85, otrzymanej z doświadczenia, mniej niż o jeden procent, więc licznik jest zupełnie dobry.

Jeszcze prostsze są obliczenia, gdy na pokrywie licznika wskazana jest liczba obrotów osi licznika, odpowiadająca jednej kilowatogodzinie.

Nap. pewien licznik ma napis 1 kilowatogodzinie odpowiada 3890 obrotów osi.

Przy próbie oś tego licznika obróciła się 397 razy w ciągu 10 minut, gdy średnie obciążenie wynosiło 0,6 kW. Obliczmy błąd licznika.

Przy próbie zużyto:

$$0,6 \times \frac{10}{60} = 0,1 \text{ kWh},$$

i licznik wykonał 397 obrotów, więc gdyby zużył 1 kWh to oś wykonała by 3970 obrotów, a tym czasem w mechanizmie liczbowym 1 kWh odpowiada 3890 obrotom, więc błąd bezwzględny wynosi:

$$3970 - 3890 = 80.$$

Błąd procentowy będzie:

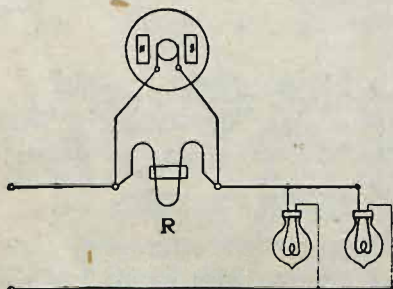
$$\frac{80}{3970} \times 100 = \text{około } 2\%.$$

jest to błąd dopuszczalny.

Inny rodzaj liczników, bardzo często stosowanych w urządzeniach prądu stałego, polega na wyzyskaniu tej okoliczności, że dla obliczeń praktycznych można przyjąć napięcie na odbiornikach prądu za stałe.

Przy tem założeniu wystarczy mierzyć tylko iloczyn natężenia prądu przez czas, jak to wynika ze wzoru na pracę prądu:

$$A = V \cdot I \cdot t.$$



Rys. 66.



Gdy  $V$  — stałe, to  $A$  jest wprost proporcjonalne do  $I \cdot t$  — Jeżeli  $I$  będziemy mierzyć w amperach, a  $t$  w godzinach, to licznik będzie miał za zadanie liczenia amperogodzin, które pomnożone przez napięcie dadzą pracę prądu.

Wirująca część licznika, rys. 66. jest tu zbudowana w podobny sposób jak w liczniku poprzednim, a więc ma kilka cewek nawiniętych z cienkiego drutu, połączonych z działkami komutatora, do którego przylegają małe szczoteczki z drucików.

Za pomocą tych szczoteczek uzwojenia ruchome łączą się z końcami bocznika  $R$  wprowadzonego do obwodu prądu. Na ruchome cewki z prądem działa stały magnes, którego tylko bieguny pokazane są na rysunku. Te siły działające od magnesu na cewki z prądem wprowadzają w ruch wirowy oś licznika. Dla otrzymania szybkości biegu proporcjonalnej do natężenia prądu płynącego do lamp są dwa sposoby.

W licznikach **pierwszego rodzaju** wirująca oś nie jest hamowna po za drobnym tarcie, wtedy wirnik rozpędza się tak znacznie aż siła przeciwelektromotoryczna, która powstaje w cewkach przy ruchu w pobliżu magnesu, niemal całkiem nie powstrzyma dopływu prądu do tych cewek.

W licznikach **drugiego rodzaju** cewki są umieszczone w podwójnej tarczy, która łącznie z magnesem stanowi hamulec podobny jak na rys. 64.

W obu przypadkach wirnik licznika wiruje tem szybciej, im większe mamy napięcie końcówkach bocznika. Według prawa Ohma napięcie to jest tem większe, im większy jest prąd, płynący przez bocznik, a więc im więcej prądu biorą odbiorniki.

Liczba zaś obrotów w pewnym czasie jest tem większa, im silniejszy jest prąd oraz im dłużej on płynie.

Jak w poprzednim liczniku, oś wirnika jest sprzęgnięta za pomocą przekładni ślimakowej z mechanizmem liczbowym, w którym w okienkach wyskakują cyfry.

Liczyby w okienkach takich liczników pozwalają odczytać ilość kilowatgodzin, tak jak to wyjaśniono przy liczniku podanym na rys. 64, tylko że teraz ilość kilowatgodzin odczy-

tana z licznika jest prawdziwa tylko przy ściśle określonym napięciu podanem na liczniku.

Dla sprawdzenia takiego licznika wystarczy dobry amperomierz i zegarek. Liczbę kilowatogodzin dostarczonych przez prąd otrzymamy mnożąc wskazania powyższego amperomierza przez czas odliczony na zegarku i napięcie prądu zaznaczone na liczniku, a następnie dzieląc przez 1000.

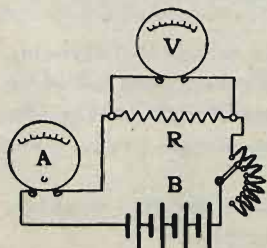
### 37. Pomiary oporności.

Zależnie od wielkości oporności stosujemy rozmaite sposoby pomiaru. Opory bardzo małe, wynoszące drobne części oma, najlepiej mierzyć za pomocą woltomierza i amperomierza, obliczając oporność na podstawie prawa Ohma.

Gdy opór nie jest zbyt mały, ani też zbyt wielki, to porównujemy go z innym wiadomym oporem za pomocą przyrządu zwanego mostkiem Wheatston'a\*).

Duże bardzo opory wyznaczamy za pomocą omomierzy lub galwanoskopów, gdzie mamy również odpowiedni opór wiadomy, z którym porównujemy opór niewiadomy.

### 38. Pomiar oporności amperomierzem i woltomierzem.



Rys. 67.

Chcąc zmierzyć opór  $R$  rys. 67 za pomocą woltomierza i amperomierza, włączamy go w obwód baterji  $B$ . Amperomierz  $A$  wskazuje prąd, płynący przez opór  $R$ \*\*). Woltomierz połączony z końcami oporu  $R$  wskazuje napięcie zużyte na pokonanie oporności tego oporu.

Jeżeli na amperomierzu odczyta-

\*) Czytaj Uittstona.

\*\*) Wprawdzie prąd odgałęziony do woltomierza przechodzi również przez amperomierz, ale opór woltomierza w porównaniu do małego oporu  $R$  jest zazwyczaj tak wielki, iż tylko nieznaczna część prądu, wskazanego przez amperomierz, odgałęzia się do woltomierza.

my 20 amperów, a na woltomierzu 0,5 wolta, to według prawa Ohma oporność oporu  $R$  wynosi:

$$\frac{0,5}{20} = 0,025 \Omega.$$

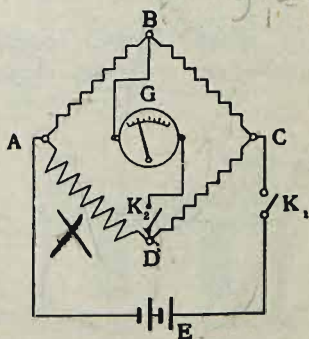
### 39. Pomiar oporności mostkiem Wheatstona skrzynkowym.

Mostkiem Wheatstona<sup>1)</sup> nazywamy następujący układ przyrządów. Opór niewiadomy  $AD$  łączymy z trzema oporami wiadomymi  $AB$ ,  $BC$ ,  $CD$  tak, jak to wskazano na rys. 68. Punkty  $A$  i  $C$  przez wyłącznik  $K_1$  łączymy z baterją  $E$ , składającą się z kilku ogniw galwanicznych. Pomiedzy punktami  $B$  i  $D$  włączamy galwanoskop<sup>2)</sup>. Opory wiadome dobieramy w ten sposób, aby przez galwanoskop prąd nie płynął. Zamykając wyłączniki  $K_1$  i  $K_2$ , patrzymy jednocześnie na wskazówkę galwanoskopu. Przy zamykaniu wyłączników wskazówka powinna pozostać nieruchomą na zerze. Dla uniknięcia wpływu samoindukcji, należy najpierw zamykać wyłącznik  $K_1$ , a potem  $K_2$ .

Jeśli prąd przez galwanoskop nie płynie, to napięcie pomiędzy punktami  $B$  i  $D$  widocznie jest równe zeru. Jest to możliwe tylko

wtedy, gdy straty napięcia na pokonanie oporów  $AB$  i  $AD$  są jednakowe. Wtedy nie będzie żadnej różnicy, że tak powiemy, w prędkości elektrycznej w punktach  $B$  i  $D$ .

Załóżmy np., że pomiędzy punktami  $A$  i  $C$  napięcie wynosi 3 woltu. Z tych trzech woltów dwa woltu zużywają się



Rys. 68.

<sup>1)</sup> Czytaj Uitstona. <sup>2)</sup> Opis galwanoskopu podany jest dalej w tym samym rozdziale. Ścisły galwanoskop nazywamy galwanometrem.



na pokonanie oporu  $AB$ , a reszta — jeden wolt na pokonanie oporu  $BC$ , tak samo na innej drodze dwa wolty zużywają się na pokonanie oporu  $AD$ , a jeden wolt na pokonanie oporu  $DC$ .

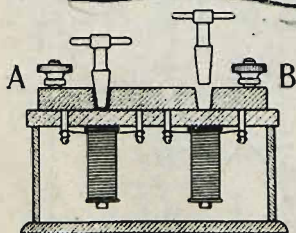
Jednakowe straty napięcia w opornikach  $AB$  i  $AD$ , a także  $BC$  i  $DC$  możliwe są tylko wtedy, jeżeli opór  $AD$  jest tyle razy większy od  $DC$ , ile razy opór  $AB$  jest większy od  $BC$ .

Zwykle opory  $AB$  i  $BC$  dobieramy w ten sposób, aby opór  $AB$  był równy  $BC$ , lub też dziesięć, sto, tysiąc i t. d. razy większy od oporu  $BC$ , albo tyleż razy mniejszy.

Załóżmy np. że opór  $AB$  jest 10 razy większy od oporu  $BC$ , a opór  $DC = 45 \Omega$ , w takim razie niewiadomy opór  $AD$  jest dziesięć razy większy od oporu  $DC$  i wyniesie:

$$45 \times 10 = 450 \Omega.$$

~~Zespół trzech oporników o znanej oporności z galwanoskopem w jednej skrzynce nazywamy mostkiem Wheats-~~  
~~tona. Czasem jednak taki mostek~~  
~~wypada układać z oporników w od-~~  
~~dzielnych skrzynkach.~~



Rys. 69.

Oporniki stosują się korbkowe, lub kołkowe. Zasada budowy opornika korbkowego pokazana była na rys. 13. Opornik kołkowy widzimy w przecięciu na rys. 69. Na pokrywce z twardego kauczuku umocowane są mosiężne klocki, pomiędzy

które wchodzą szczelnie kołki również mosiężne. Między klockami włączone są zwoje drutu opornikowego izolowanego jedwabiem. Drut ten jest nawinięty dwunitkowo\*) na szpuleczki przymocowane do pokrywki pudełka. Gdy wszystkie kołki są wstawione pomiędzy powyższe klocki, to prąd wprowadzony przez zacisk  $A$ , wprost przez grube klocki i kołki przejdzie do zacisku  $B$ , opór pomiędzy  $B$  i  $A$  mamy wtedy

\*) Patrz rys. 43.

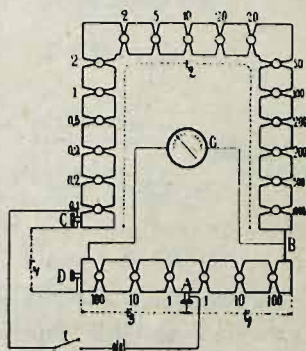


znikomo mały. Jeżeli jeden z kołków wyjąć, to prąd będzie zmuszony przejść przez drut opornika włączonego pomiędzy klockami, które już nie są połączone kołkiem. Ile kołków wyjmemy, tyle zwojnic mamy włączonych w szereg, więc ogólny opór takiej skrzynki równa się sumie oporności poszczególnych zwojnic. Na rys. 70 mamy mostek skrzynkowy z galwanoskopem w środku. Dwa opory kołkowe  $r_1$  i  $r_3$  dobieramy równe albo jeden od drugiego 10 100 i t. d. razy większy lub mniejszy, a opór trzeci  $r_2$ , w miarę możliwości, jak najmniej różny od oporu niewiadomego. Końce oporu niewiadomego łączymy z zaciskami C i D. Stosownie do oznaczeń na rysunku, niewiadomy opór  $r_4$ , znajdziemy, według poprzedniego rozumowania, ze wzoru:

$$r_4 : r_2 = r_3 : r_1,$$

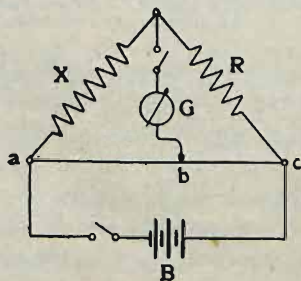
a więc:

$$r_4 = r_2 \cdot \frac{r_3}{r_1}.$$



Rys. 70.

#### 41. Mostek Wheatstona drutowy na prąd stały.

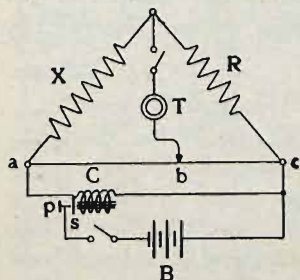


Rys. 71.

Są jeszcze mostki Wheatstona, w których opory  $r_3$  i  $r_1$  rys. 70 zastąpiono jednym równym drutem ac z przesuwным kontaktem rys. 71. Wtedy zamiast stosunku oporów  $r_3$  i  $r_1$ , bierzemy stosunek długości kawałków  $ab$  i  $bc$  tego drutu z obu stron rozgałęzienia, a galwanometr nastawiamy na zero, ustawiając odpowiednio kontakt  $b$  na drucie.

## 42. Mostek Wheatstona drutowy na prąd zmienny.

Dla pomiaru oporności przewodników podlegających elektrolizie, np. roztworów soli i kwasów, stosowane są mostki tego rodzaju zasilane prądem zmiennym rys. 72. Prąd zmienny



Rys. 72.

otrzymuje się tu pod wpływem siły elektromotorycznej samoindukcji w cewce C. Tę siłę elektromotoryczną wywołuje prąd płynący z baterji B, przerywany za pomocą przerywacza samoczynnego, składającego się ze śrubki p i sprężynki s. Cewka jest zaopatrzona w żelazny rdzeń z drucików miękkiego żelaza. Gdy prąd z baterji zacznie przepływać przez cewkę rdzeń magnesuje się i przy-

ciąga sprężynkę s, wtedy połączenie sprężynki s ze śrubką p przerywa się i prąd przestaje płynąć, skutkiem tego rdzeń cewki roz-magnesowuje się, przestaje przyciągać sprężynkę s, która odska-kuje i dotyka znowu śrubki p, prąd znowu zaczyna płynąć i t. d.

Dla wycucia właściwego położenia kontaktu b na drucie służy tu, zamiast galwanoskopu, słuchawka telefoniczna, składająca się z małego magnesu stałego zaopatrzonego w nasadki biegunowe z miękkiego żelaza owinięte wielu zwojami cienkiego miedzianego drutu izolowanego i bardzo blisko do tych nasadek umieszczonego krążka z cienkiej blaszki żelaznej. Krążek ten na obwodzie jest zaciśnięty i może swobodnie wyginać się tylko w środku.

Gdy przez zwoje drutu na magnesie takiej słuchawki popłynie prąd zmienny, to magnes przyciąga krążek blaszany ze zmienną siłą, skutkiem czego on w środku drga i wydaje dźwięk tem silniejszy, im silniejszy jest prąd.

W praktyce zwykle trudno znaleźć takie miejsce kontaktu b na drucie ac aby prąd nie przedostawał się do słuchawki zupełnie. Wtedy szukamy takiego położenia gdzie siła dźwięku w słuchawce będzie najsłabsza.

Znalazłszy to miejsce odmierzamy długość kawałków drutu ab i bc. Jeżeli oznaczymy odpowiednie długości przez  $l_1 = ab$  i  $l_2 = bc$ , to

$$\frac{X}{R} = \frac{l_1}{l_2}$$

Dla ułatwienia obliczeń, przy drucie bywa stosowana skala z podziałkami, które wskazują wprost stosunek

$$\frac{l_1}{l_2} = m, \text{ wtedy } X = R \cdot m.$$

### 43. Pomiar oporności uziemień.

Na wzmiankę zasługuje jeszcze zastosowanie mostku z prądem zmiennym do pomiaru oporności uziemień.

W urządzeniach elektrycznych często stosowane bywają sztuczne połączenia z ziemią niektórych przewodów. Uskuteczniamy to przez połączenie tych przewodów z rurami wodociągowymi, lub umyślnie zakopanymi w ziemi drutami czy płytami.

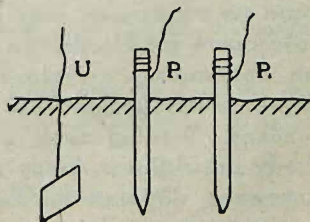
Gdy prąd płynie do ziemi to największą oporność stanowi styk metalu z ziemią i warstwy ziemi w pobliżu uziemienia, dalej prąd rozplywa się tak szeroko, że praktycznie nie doznaje w ziemi żadnego oporu.

To też zwykle mówimy o oporności uziemienia jako o oporze tego styku i warstw najbliższych.

W praktyce ważną jest sprawą aby oporność uziemienia była jak najmniejsza.

Dla zmierzenia oporności zakładamy dwa uziemienia pomocnicze, najlepiej w postaci dwóch prętów czy rurek żelaznych  $P_1$  i  $P_2$  rys. 73 wbitych do ziemi na głębokość około 1 metra.

Za pomocą mostku z prądem zmiennym mierzymy oporność trzech obwodów elektrycznych utworzonych przez ziemię: najpierw pomiędzy  $U$  i  $P_1$ , następnie pomiędzy  $U$  i  $P_2$ , a wreszcie pomiędzy  $P_1$  i  $P_2$ . Wyniki



Rys. 73.



tych pomiarów oznaczamy przez  $a$ ,  $b$  i  $c$ , a oporność poszczególnych uziemień przez  $x$ ,  $y$ ,  $z$ . Mierzac oporność obwodu elektrycznego pomiędzy  $U$  i  $P_1$  wyznaczamy sumę w szereg połączonych oporów: uziemienia  $U$  i uziemienia pomocniczego  $P_1$ , a więc:

$$a = x + y$$

tak samo:

$$b = x + z$$

$$c = y + z$$

Z tych trzech równań, dodając do siebie dwa pierwsze i odejmując trzecie, łatwo znajdziemy:

$$x = \frac{a + b - c}{2}$$

Przykład:  $a = 44$  omy,  $b = 59$  omów,  $c = 98$  omów

$$x = \frac{44 + 59 - 98}{2} = 2,5 \text{ oma.}$$

Oporność więc badanego uziemienia wynosi dwa i pół oma. Takie uziemienie jest dobre.

#### 44. Omomierze.

Dla pomiaru dużych oporów służą omomierze, działki na tych przyrządach oznaczają wprost omy. Omomierz włączamy w obwód odrazu, tak jak wskazano na rys. 75.  $B$ —źródło prądu,  $V$ —omomierz,  $X$ —opór niewiadomy. Jako źródło prądu stosujemy baterje akumulatorów albo induktor, stanowiący małą ręczną prądniczkę ze stalowymi magnesami. Pod wpływem prądu, wskazówka omomierza odchyła się i zatrzymuje się na działce, przy której napisana liczba wyraża wielkość oporu niewiadomego. Ustrój omomierzy jest taki sam jak woltomierzy, zwykle z ruchomą cewką według pomysłu Deprez d'Arsonvala. Opór omomierzy najczęściej jest bardzo znaczny. Według skali omowej omomierze wskazują tylko wtedy prawidłowo, kiedy napięcie źródła prądu mamy przystosowane do wartości liczb na skali omomierza. Gdy nie mamy źródła prądu o napięciu dokładnie przystosowanem do



skali omomierza, to chcąc zmierzyć niewiadomą oporność  $X$ , przeprowadzamy dwa pomiary.

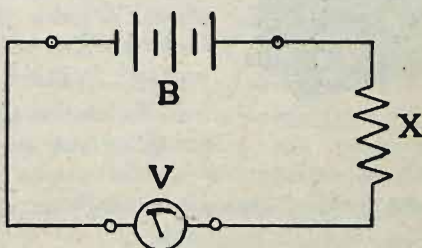
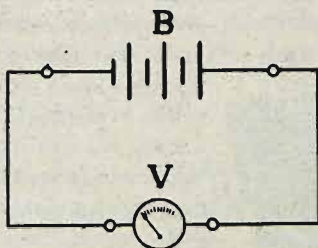
Najpierw włączamy omomierz wprost na zaciski źródła prądu, rys. 74, wtedy prąd  $i_1$ , płynący przez omomierz, obliczymy ze wzoru:

$$i_1 = \frac{E}{r}$$

jeżeli  $E$  — siła elektromotoryczna źródła prądu, a  $r$  — oporność omomierza.

Następnie włączamy w ten obwód jeszcze opór niewiadomy  $X$  rys. 75 wtedy prąd  $i_2$  — będzie

$$i_2 = \frac{E}{r + X}$$



Rys. 74 i 75.

Z tych dwóch równań, biorąc ich stosunek wypada:

$$\frac{X + r}{r} = \frac{i_1}{i_2}$$

przeto:

$$X = r \left( \frac{i_1}{i_2} - 1 \right)$$

Stosunek  $\frac{i_1}{i_2}$  znajdziemy z odchylen omomierza, które odczytamy na równej skali znajdującej się zawsze na omomierzu obok nierównej skali omów.

**Przykład.**  $r = 200000$  omów. Przy prądzie  $i_1$  mamy odchylenie 50 działek, a przy prądzie  $i_2$  — odchylenie 20 działek, wtedy

$$X = 200000 \left( \frac{50}{20} - 1 \right) = 300000 \text{ omów.}$$

Omomierze zaopatrzone w przyrząd pomiarowy o wysokim oporze znajdują szerokie zastosowanie do badania izolacji uzwojeń w maszynach i przewodów w urządzeniach elektrycznych. Na rys. 76 widzimy taki próbnik izolacji. Mier-



Rys. 76.

nik jego jest z cewką ruchomą\*), jako źródło prądu służy mała ręczna prądniczka, umieszczona w tym samym pudełku, jej rączka widoczna jest z boku. Przyciskając odpowiedni przycisk możemy prądniczkę połączyć bezpośrednio z miernikiem i odczytać w woltach napięcie, które przy obracaniu daje prądniczka i w ten sposób ustalić szybkość ruchu korbki, potrzebną dla osiągnięcia właściwego napięcia prądu próbnego.

Są jeszcze tańsze próbniki izolacji tego rodzaju z tym samym przyrządem mierniczym, ale zaopatrzone w źródło prądu, składające się z kilku tak zwanych suchych ogniw galwanicznych.

## 45. Galwanoskopy.

**Galwanoskopy**, ściśle mówiąc, są to przyrządy, przeznaczone do wykrywania prądu elektrycznego. W praktyce monterskiej utarła się jednak ta nazwa dla przyrządu, składającego się z galwanoskopu z baterją ogniw galwanicznych w jednym pudełku.

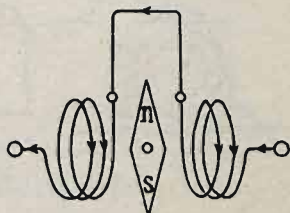
Tego rodzaju przyrządy służą do wykrywania połączeń elektrycznych, a więc np. dla odnajdywania końców jednego drutu, który jest zwinięty z wielu innymi drutami w jeden wspólny kabel.

Ten sam przyrząd stosuje się czasem także do badania stanu izolacji w przewodnikach i maszynach.

Zasada budowy galwanoskopu jest bardzo prosta. Po między dwoma zwojnicami mamy umieszczoną na ostrzu igłę

\*) Patrz str. 85.

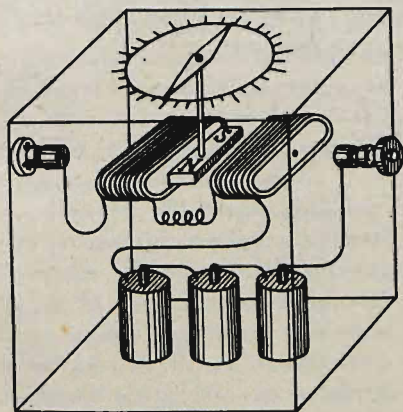
magnesową rys. 77 zwróconą jednym końcem na północ a drugim na południe. Przyrząd ustawia się w ten sposób, aby igła magnesowa stała równolegle do zwojów, tak jak to wskazano na rys. 77. Wokoło zwojnic z prądem przebiega strumień magnetyczny w kierunku prostopadłym do osi igły. Pod wpływem tego strumienia magnetycznego igła magnesowa nie może jednak stanąć wzdłuż osi zwojnic, gdyż temu przeciwdziała magnetyzm ziemski. Wobec tego igła trochę tylko odchyła się w bok, tem więcej im większy jest prąd.



Rys. 77.

Na rys. 78 widzimy wewnętrzne urządzenie galwanoskopu z baterją w jednym pudełku. Umieszczona między zwojnicami igła magnesowa ma postać prostokątnego magnesu

NS, do którego przymocowana jest górna wskazówka. Baterja i zwojnice galwanoskopu są połączone w szereg, a końce obwodu wyprowadzone do zacisków, umieszczonych zewnątrz pudełka.

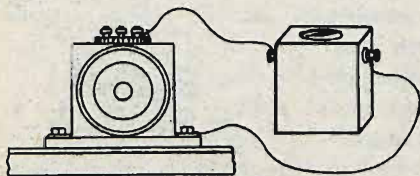


Rys. 78.

Gdy chodzi np. o zbadanie stanu izolacji uzwojeń maszyny elektrycznej od żelaza, to odejmujemy wszystkie przewody zewnętrzne, doprowadzające lub odprowadzające prąd od maszyny i łączymy je-

den z zacisków galwanoskopu z zaciskiem uzwojenia maszyny, a drugi zacisk z żelazną podstawą, najlepiej przez zaciśnięcie drutu pod jakąkolwiek śrubę wkręconą w żelazną podstawę rys. 79. Wtedy utworzy się obwód, składający się z baterji,

galwanoskopu, przewodników i izolacji pomiędzy uzwojeniem maszyny i żelazem; im gorsza jest izolacja, tem silniejszy prąd popłynie w obwodzie. Jeżeli bateria nie jest wyczerpana,



Rys. 79.

to liczba omów oporu, którą wskaże wskazówka galwanoskopu, wyraża w przybliżeniu oporność izolacji. Oporność innych części obwodu w porównaniu z opornością izolacji jest tu znikomo mała.

Izolacja zupełnie dobra przepuszcza tak mało prądu, że zwykły galwanoskop z małą baterją nie odchyła się wcale, ponieważ prąd jest wtedy tak słaby, że nie jest w stanie poruszyć igły magnesowej.

Daleko lepiej jednak, zamiast galwanoskopu z igłą magnesową, do badania izolacji używać omomierzy wyżej opisanych z woltomierzem mającym cewkę ruchomą i jako źródło prądu baterję suchych ogniów czy induktor, rys. 76.