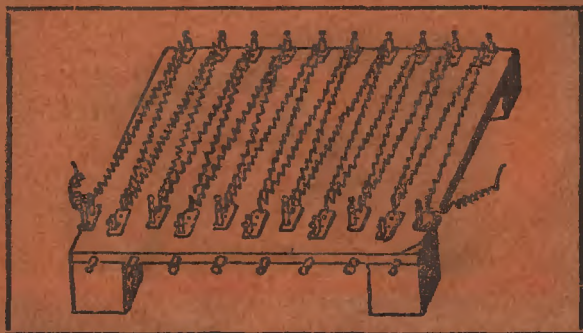


20598.51

I
SAMOUCZEK TECHNICZNY
Wydawnictwo popularno-naukowe



Oporniki elektryczne

Podręcznik do obliczania i konstruowania
oporników elektrycznych

Nr. 51

Z 21 rysunk. w tekście i 5 tablicami cyfrowymi

Napisał Jan Olszewski



CIESZYN
NAKŁADEM KSIĘGARNI B. KOTULI

SAMOUCZEK TECHNICZNY
WYDAWNICTWO POPULARNO-NAUKOWE

Nr. 51

OPORNIKI ELEKTRYCZNE

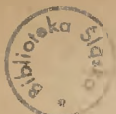
**Podręcznik do obliczania
i konstruowania oporników elektrycznych**

Z 21 rys. w tekście i 5 tablicami cyfrowymi

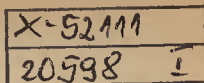
Opracował Jan Olszewski



CIESZYN
NAKŁADEM KSIĘGARNI B. KOTULI



20598
I



Nr 52

OPORNIKI ELEKTRYCZNE.

WSTĘP.

Celem niniejszego Samouczka jest nie tyle wyjaśnienie budowy oporników elektrycznych, których budowa jest prostą, ile nauczanie czytelnika sposobu obliczania, pomiaru, oporu, oraz udzielenia innych wiadomości niezbędnych dla samodzielnego obliczania i konstruowania oporników elektrycznych.

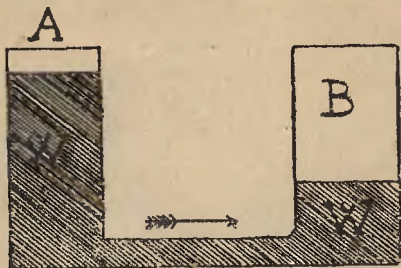
Oporniki elektryczne są to przyrządy służące do zmniejszania napięcia lub natężenia prądu elektrycznego.

Prąd elektryczny, którego istoty ściśle określić nie możemy, a który wyobrażamy sobie jako ruch elektryczności, określamy natężeniem, zależnem od napięcia i oporu przewodnika w którym płynie. Prąd elektryczny zaobserwujemy w każdym przewodniku łączącym dwa ciała o niejednakowych potencjałach. Koniecznym więc warunkiem powstania prądu elektrycznego jest obecność przewodnika, ponieważ prąd może tylko w nim powstać, oraz różnicy potencjałów, ponieważ tylko wskutek niej prąd elektr. powstaje. Zjawisko prądu elektrycznego możemy porównać z innym zjawiskiem fizycznym z zakresu hydrodynamiki. Prąd elektryczny, czyli ruch elektryczności, możemy porównać z ruchem wody, w rurze łączącej dwa naczynia A i B (rys. 1) o różnych poziomach wody. Ciśnienie wody powstałe wskutek różnicy poziomów odpowiada napięciu, ilość wody ilości elektryczności, ilość wody



przepływającej w jednostce czasu, czyli natężenie prądu wody, natężeniu prądu elektrycznego; zaś opór jaki doznaje przepływająca w rurze woda odpowiada, choć niezupełnie¹⁾, oporowi jaki doznaje poruszająca się w przewodniku elektryczność.

Jednostką natężenia jest 1 amper, oznaczamy go literą A. Jednostką oporu jest 1 om, oznaczamy go literą grecką Ω (omega). Jednostką napięcia (różnicy potencjałów) jest 1 wolt, oznaczamy go literą V.



Rys. 1. Wciecz, A B naczynia.

Natężenie 1 ampera posiada taki prąd elektryczny, który przewodzi 1 jednostkę ilości elektryczności (kulomb) w jednej jednostce czasu (sekundzie). Prąd o natężeniu 1 A, przepuszczony przez roztwór azotanu srebra wydziela w 1 sekundzie 1,118 mg srebra.

¹⁾ Niezupełnie dlatego, ponieważ opór jaki doznaje woda przepływając przez rurę jest zależny od prędkości, z jaką się ta woda porusza, zaś opór elektryczny przewodnika jest wielkością stałą dla danego przewodnika, zależy tylko i to w nieznacznym stopniu, od jego temperatury (patrz „Opór“).

Opór 1 oma posiada słupek rtęci 1063 mm długi, przekroju 1 mm², przy temperaturze 0° C.

Napięcie 1 wolta jest to napięcie, które w przewodniku o oporze 1 oma, wywołuje prąd o natężeniu 1 ampera.

Zależność wzajemną, pomiędzy temi zasadniczymi wielkościami, wyraża prawo Ohma, które brzmi:

Natężenie prądu elektrycznego w przewodniku, jest wprost proporcjonalne do różnicy potencjałów na jego końcach (napięcia), a odwrotnie proporcjonalne do oporu tego przewodnika.

Można je wyrazić wzorem:

$$J = \frac{V}{R} \dots\dots\dots 1$$

gdzie J oznacza natężenie w amperach, V różnicę potencjałów (napięcie) w woltach, a R opór w omach.

Ze wzoru 1-szego otrzymujemy:

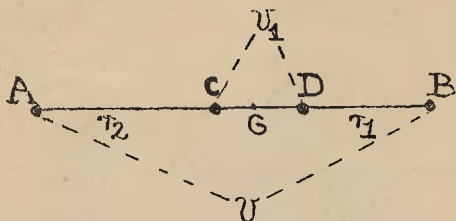
$$V = J \cdot R \dots\dots\dots 2$$

$$R = \frac{V}{J} \dots\dots\dots 3$$

czyli, że napięcie elektryczne jest równe natężeniu prądu pomnożonemu przez opór przewodnika, oraz że opór przewodnika jest równy napięciu elektrycznemu podzielonemu przez natężenie prądu.

Mamy dany przewodnik A B (rys. 2); stała różnica potencjałów między punktami A i B wytworzona przez źródło prądu elektrycznego, wynosi V woltów. W przewodniku A B płynie prąd elektryczny. Natężenie tego prądu jest we

wszystkich punktach tego przewodnika (A—C—D—B), jednakowe. Jest to zrozumiałe, ponieważ z określenia natężenia prądu wynika, że natężenie oznaczamy według ilości elektryczności przepływającej w jednostce czasu. Ponieważ zaś, w przewodniku A C, nigdzie elektryczność się nie gromadzi, tylko wszędzie przepływa z tą samą szybkością przez wszystkie punkty przewodnika, więc w jednostce czasu



Rys. 2.

(1 sekundzie), przez każdy punkt przewodnika, przepłynie ta sama ilość elektryczności (kulombów)¹⁾ czyli, że we wszystkich punktach panuje jednakowe natężenie prądu.

Napięcie czyli różnica potencjałów między punktami A i B będzie większa, zgodnie z prawem Ohma, od napięcia między punktami C i D. Przypuśćmy bowiem, że opór odcinka D B przewodnika równa się r_1 om., zaś opór odcinka C D wynosi r_2 om., to napięcie V_1 między punktami C D będzie wynosić zgodnie z prawem Ohma:

¹⁾ Kulomb praktyczna jednostka ilości elektryczności = 1 amper 1 sekunda.

$$V_1 = V - J (r_1 + r_2).$$

Jeżeli za $r_1 + r_2$ podstawimy R_1 a za I $R_1 - E$ to otrzymamy

$$V_1 = V - J R_1 = V - E \quad . \quad 4$$

gdzie V oznacza napięcie w woltach między punktami A B, a E spadek napięcia czyli stratę napięcia, w przewodniku AC i DB. Jeżeli np. napięcie równa się 60 V, opór $r_1 = 9$ om., $r_2 = 1$ om., a natężenie prądu I jest równe 3 A; to otrzymamy spadek napięcia w przewodniku AC i DB:

$$E = 3 \cdot (9 + 1) = 30 \text{ V}$$

zaś V_1 czyli napięcie między CD:

$$V_1 = V - E = 60 - 30 = 30 \text{ V}.$$

Opór całego przewodnika AB wynosi według wzoru 3-ciego:

$$R = \frac{60}{3} = 20 \text{ om.}$$

Opór odcinka CD przewodnika wynosi $20 - 10 = 10$ om.

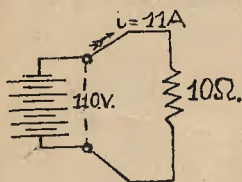
W punkcie G, który dzieli przewodnik na dwie części, napięcie wynosi zero woltów, a spadek napięcia w przewodniku A G i B G wynosi według wzoru 4-tego: $3 \cdot 20 = 60$ V, czyli zgodnie z tem co było wyżej powiedziane napięcie V_2 w punkcie G wynosi:

$$V_2 = V - E = 60 - 60 = 0 \text{ V}.$$

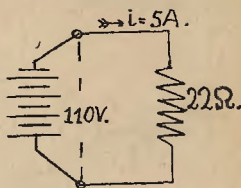
Spad potencjału między dwoma punktami przewodnika, przez który prąd przechodzi, jest równy iloczynowi z natężenia przez opór przewodnika między temi dwoma punktami.

Jeżeli mamy źródło Z, o stałym napięciu (rys. 3 a), to znaczy jeżeli na jego zaciskach

(klubach) panuje ciągle napięcie tej samej wielkości, to włączając w obwód prądu opory rozmaitej wielkości, możemy powodować spadek napięcia, a więc otrzymywać rozmaite napięcia, i rozmaite natężenie prądu w obwodzie. Przypuśćmy, że V na zaciskach równa się 110 V : zaciski łączymy (rys. 3 a) przewodem o oporze 10 om. ; natężenie prądu w tym przewodzie bę-



Rys. 3. a.



Rys. 3. b.

dzie wynosić 11 A . (wzór 3-ci). Jeżeli zaś połączymy zaciski przewodem o oporze 22 om. , to otrzymamy natężenie w obwodzie (rys. 3 b:

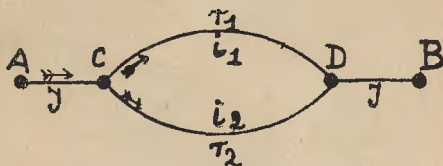
$$J = \frac{110}{22} = 5\text{ A}$$

Rozważmy z kolei jaka będzie zależność między wielkościami V J R , jeżeli do zacisków źródła prądu włączymy nie jeden pojedynczy przewód, lecz kilka rozmaicie połączonych.

Co będzie jeżeli prąd napotka rozgałęzienie przewodników (rys. 4).

Przypuśćmy np. że z punktu A (rys. 4) płynie prąd w kierunku punktu B. Natężenie jego wynosi J amperów. W punkcie C napotyka rozgałęzienie o oporach r_1 i r_2 . Obydwie gałęzie są sporządzone z materiału przewodzącego prąd elektryczny; obydwo ma więc elektry-

czność popłynie, w obydwóch zaobserwujemy prąd. Jakie będzie natężenie i_1 i_2 tych prądów. Natężenie prądu w przewodniku jest zależne (pr. Ohma) od różnicy potencjałów na jego końcach i oporu tego przewodnika. Różnica potencjałów na końcach obydwóch rozgałęzień jest jednakowa, ponieważ obydwa rozgałęzienia w tych samych punktach się łączą. Natężenie prądu w poszczególnych gałęziach zależy od



Rys. 4. Rozgałęzienie prądu.

oporu r_1 i r_2 tych gałęzi. Ponieważ zaś im większy jest opór przewodnika tem mniej prądu przepłynie w jednostce czasu, a więc tem mniejsze jest natężenie prądu płynącego w przewodniku. Wynika to zresztą i z prawa Ohma:

Niech r_1 będzie większe od r_2 , $r_1 > r_2$, stosując pr. Ohma otrzymamy:

$$r_1 = \frac{V}{i_1}, \quad r_2 = \frac{V}{i_2},$$

a stąd $V = r_1 i_1$, $V = r_2 i_2$; ponieważ $V = V$ więc:

$$r_1 i_1 = r_2 i_2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 5$$

czyli że $i_1 < i_2$. Wzór 5-ty możemy także przedstawić w następującej formie:

$$r_1 : r_2 = i_2 : i_1 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 6$$

czyli że natężenie prądów w poszczególnych gałęziach są odwrotnie proporcjonalne do oporów tych gałęzi. Elektryczność nie gromadzi się w żadnym punkcie obwodu, więc natężenie prądu przed rozgałęzieniem równa się natężeniu za rozgałęzieniem oraz sumie natężeń w poszczególnych gałęziach.

$$J = i_1 + i_2 \dots \dots \dots$$

Jest to pierwsze prawo Kirchhoffa.

Dla trzech gałęzi $i = i_1 + i_2 + i_3$; dla kilku gałęzi $i = i_1 + i_2 + i_3 + i_4$ i t. d. Powyższe wzory (5-ty, 6-ty, 8-my) mogą posłużyć do obliczania oporów rozgałęzień. Jeżeli bowiem $i_1 + i_2 = i$ zaś $i = V : R$; $i_1 = V : r_1$; $i_2 = V : r_2$, to otrzymamy:

$$\frac{V}{r_1} + \frac{V}{r_2} + \frac{V}{R}$$

podzieliwszy obie strony przez V otrzymamy

$$\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} = \frac{1}{R} \dots \dots \dots 8$$

czyli

$$R = \frac{r_1 \cdot r_2}{r_1 + r_2} \dots \dots \dots 9$$

dla kilka rozgałęzień:

$$\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} \dots = \frac{1}{R}$$

a z tego

$$R = \frac{r_1 \cdot r_2 \cdot r_3 \dots}{r_1 \cdot r_2 + r_2 \cdot r_3 + r_1 \cdot r_3 \dots} \dots \dots 10 \text{ i } 11$$

Jeżeli opory poszczególnych gałęzi są równe t. zn. $r_1 = r_2 = r_3$ i t. d. to

$$R = \frac{r_1}{n} \dots \dots \dots 12$$

gdzie u oznacza ilość gałęzi; r_1 opór jednej z nich.

Na podstawie wyżej podanych wzorów możemy obliczać opór rozgałęzienia mając natężenie prądu głównego i poszczególnych gałęzi, lub naodwrot mając dane upusty¹⁾ znanego oporu, możemy obliczyć napięcie i natężenie prądu głównego

Na zasadzie powyżej wymienionych związków pomiędzy natężeniem napięcia i oporem, niczemmy zmniejszać napięcie i natężenie prądu, w przyrządach zwanych opornikami. Opornik jest to właściwie przewodnik, albo cały szereg przewodów, o odpowiednich oporach, zakończonych końcówkami (spinkami).

Najgłówniejszem zadaniem przy obliczaniu opornika jest obliczenie oporu przewodu, z którego ma być opornik sporządzony; z kolei więc zajmiemy się obliczeniem oporu przewodników.

OPÓR.

Opór elektryczny dla wszystkich ciał nie jest jednaki. Jedne ciała stawiają opór mniejszy inne większy inne znów tak wielki, że możemy przyjąć, że wogóle prądu elektrycznego nie przepuszczają. Te ostatnie nazywamy izolatorami. Opór elektryczny jest więc właściwością danego ciała. Opór jakiegoś ciała (materji) oznaczamy oporem właściwym, to jest oporem

¹⁾ Upustem nazywamy odgałęzienie w pewnem miejscu głównego przewodu dołączone równolegle do niego.

jaki posiada drut¹⁾ długości 1 metra, o przekroju 1 mm² przy temperaturze 15° C.

TABLICA I.
Opory właściwe.

Nazwa materiału	Opór wł. w om.	Nazwa materiału	Opór wł. w om.	Nazwa materiału	Opór wł. w om.
Argentum	0,301	Miedź prz.	0,0175	Rtęć	0,95
Bismut	1,39	„ czysta	0,0172	Stal	0,1843
Cyna	0,142	Mosiądz	0,07	Srebro	0,0159
Cynk	0,059	Nikiel	0,1306	Węgiel ret.	59,3
Glin	0,0287	Nikielin	0,45	Żelazo	0,1324
Konstant.	0,5	Ołów	0,2076	Złoto	0,02
Mogonin	0,43	Platyna	0,0937	Kwas s. 10%	10 tys.
Kwas siarkowy (gęstość 1,21)				8690 omów.	

Z powyższej tablicy widzimy, że najmniej opór ma srebro, potem miedź, złoto, glin, cynk, platyna, żelazo, cyna, ołów i t. d.

Opór przewodnika, drutu, zależy także od jego rozmiarów, to znaczy od długości i przekroju; zwiększenie długości przewodnika zwiększa, zaś zwiększenie przekroju zmniejsza jego opór. Opór jest więc wprost proporcjonalny do długości, odwrotnie do przekroju przewodnika. Możemy to wyrazić wzorem:

$$r = \frac{l}{s} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 13$$

gdzie r = opór w omach, l = długość w metrach, q = przekrój w milimetrach kwadratowych, s opór właściwy materiału z którego jest przewodnik sporządzony. Ponieważ według

¹⁾ Dla cieczy słup 1 metr wysoki, o przekroju 1 mm².

wzoru 1-szego: $J = \frac{V}{R}$, a $R = \frac{l}{2s}$ więc:

$$J = \frac{V \cdot 2}{l} \cdot \frac{1}{s} \dots \dots \dots 14$$

co świadczy, że natężenie prądu przy pewnym napięciu V i pewnych wymiarach l i q przewodnika, jest wprost proporcjonalne do wartości $\frac{1}{s}$ czyli do odwrotności oporu właściwego. Wartość $\frac{1}{s}$ nazywamy przewodnictwem danego ciała.

Opór przewodnika zależy, w dalszym ciągu od temperatury. Ze wzrostem temperatury opór metali zwiększa się, zaś opór węgla, roztworów kwasów i soli zmniejsza się. Zmiana oporu wskutek zmiany temperatury jest w granicach od 0° do 100° C, w przybliżeniu wprost proporcjonalną do zmiany temperatury, dlatego też możemy wyznaczyć współczynnik cieplny oporu, t. j. zmianę oporu 1 om. przy zmianie temperatury o 1° C. Oznaczamy go literą c .

TABLICA II.
Współczynniki cieplne oporu.

Nazwa materji	Współczynnik w om.	Nazwa materji	Współczynnik w om.	Nazwa materji	Współczynnik w om.
Argenton	0,00036	Miedź prz.	0,0045	Ołów	0,00387
Cyna	0,00365	„ czysta	0,004	Platyna	0,000243
Glin	0,00388	Nikiel	0,0036	Rtęć	0,000907
Manganin	0,000015	Nikielin	0,00028	Srebro	0,00377
				Żelazo	0,0048

Aby obliczyć opór przewodnika R_t przy temperaturze $t^\circ \text{C}$ musimy znać opór R^0 , przy temperaturze 15°C . Ponieważ przyrost oporu na $1^\circ \text{C} = c$, to znaczy, że przewodnik, który przy temperaturze 15°C ma opór r_0 po podwyższeniu temperatury o 1°C (na 16°C) będzie miał opór o $r_0 c$ większy.

$$r_{16} = r_{15} + r_{15} c.$$

Przy podwyższeniu temperatury o kilka stopni np. o 4°C , to: $r_{19} = r_{15} + 4 r_{15} c$ czyli przy podwyższeniu temperatury o $t - t_0$ stopni, przyrost oporu będzie się równał $r_0 c (t - t_0)$, a opór całego przewodnika ogrzanego o $t - t_0$ będzie wynosił: $r_0 + r_0 c (t - t_0)$, z tego zaś otrzymamy, po wyciągnięciu r przed nawias, ogólny wzór na przyrost lub ubytek oporu przewodnika:

$$r_t = r_0 [1 + (t - t_0) c] \quad . \quad . \quad . \quad 15$$

Wartość r_t , przy zmianach temperatury, w granicach od 0° do 100°C , możemy otrzymać według tego wzoru dostatecznie dokładnie.

Z tablicy współczynników cieplnych oporu wynika, że opór najmniej zależny od temperatury mają: Manganin (0,000015), Platyna (0,000243), Nikielin (0,00028), Argenton czyli nowe srebro (0,00036), tych też metali powinno się przedewszystkiem używać do sporządzania oporników. Opór właściwy manganinu wynosi np. przy temperaturze 15°C 0,43 om., zaś przy temperaturze 100°C 0,43056 om., przyrost więc nieznaczny.

Prąd przepływając przez przewodnik ogrzewa go. Ilość ciepła wytworzona przez przepływ prądu jest wprost proporcjonalna, jak wykazał

fizyk Joule, do kwadratu natężenia prądu, oporu przewodnika i czasu przepływu prądu, przez przewodnik. Wyrazimy to wzorem:

$$Q = 0,24 i^2 \cdot r \cdot t \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 16$$

gdzie Q = ilość ciepła wydzielonego w kalorjach gramowych, i = natężenie prądu w amperach, r = opór przewodu w omach, t = czas trwania prądu w sekundach. Liczba 0,24 jest współczynnikiem proporcjonalności. Ze wzoru 16-tego wynika: że jeżeli w przewodniku o oporze r , podwyższymy natężenie prądu elektrycznego, to w znacznym stopniu podwyższy się ilość ciepła wydzielonego przez tenże prąd w czasie t . Jeżeli przez przewód metalowy, o znacznym oporze, przepuścimy prąd o tak wielkim natężeniu, że ilość ciepła wydzielanego w czasie t , będzie większa od ilości ciepła oddawanego przez przewodnik otoczeniu, to przewodnik się wkrótce silnie rozgrzeje i może się nawet stopić. Tego przy sporządzaniu oporników należy unikać.

Prąd o natężeniu 80 A topi drut miedziany, o średnicy 1 mm, momentalnie, taki sam drut z platyny topi prąd o natężeniu 41 A, z żelaza 14 A.

Istnieją więc pewne normy przekrojów drutu, których przy sporządzaniu oporników przekraczać nie można.

Tak więc natężenie prądu, dłuższy czas bez przerwy w przewodniku miedzianym płynącego, nie powinno przekraczać 6 A, jeżeli drut jest goły (bez izolacji), a 3 A jeżeli jest izolowany, na 1 mm² przekroju. Tablica III-cia wskazuje

wielkość dozwolonego natężenia dla drutu miedzianego i glinowego o rozmaitym przekroju.

TABLICA III.

Przekrój drutu miedzianego	Dozwolone natężenie w amperach	Przekrój drutu glinowego
0,75	9	1,24
1,5	11	1,65
1	14	2,47

Najczęściej używamy do sporządzania oporników drutu z argentanu (nowego srebra), nikielinu, konstantanu, manganinu, ponieważ opór tych stopów jest w bardzo małym stopniu zależny od temperatury. Wielkość dopuszczalnego prądu dla drutu z nowego srebra wskazuje niżej podana tablica IV.

TABLICA IV.

Natężenie w amperach	Średnica drutu z nowego srebra
4—5	0,5 mm
6—7	0,6 "
8—9	0,8 "
10—11	0,9 "
12—13	1,0 "

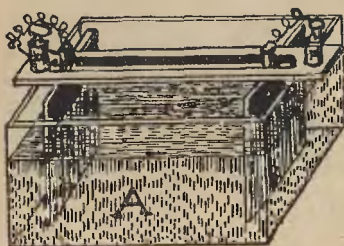
Przy wyborze przewodnika i jego wymiarów należy się kierować powyższymi wskazówkami.

Teraz przystąpimy do wyjaśnienia budowy i zasady działania poszczególnych oporników,

OPORNIKI.

1. Oporniki elektrolityczne.

Oporniki o wielkim oporze buduje się przy użyciu jako oporu roztworu soli, lub roztworu kwasu. Wielki opór posiada kwas borowy (H_3BO_3), który prądu elektr. prawie wcale nie przepuszcza; dlatego też ten kwas znajduje najczęściej przy budowie oporników elektrolitycznych zastosowanie. Budowa tej opornicy jest nad-



Rys. 5. Opornica elektrolityczna.

zwyczaj prostą.

Rysunek 5-ty przedstawia taką opornicę. Do szklanego naczynia A nalევamy roztworu kwasu borowego, następnie zanurzamy w nim dwie metalowe elektrody.

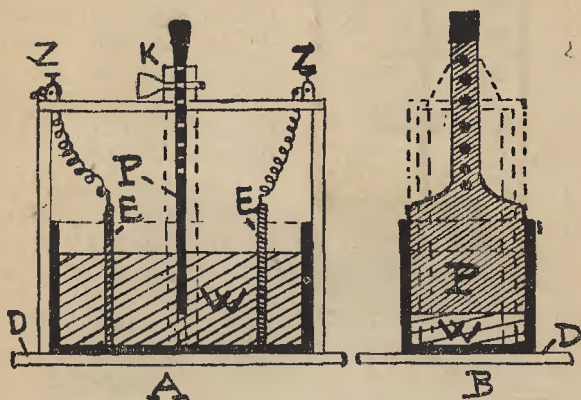
Opór regulujemy przez zmniejszenie lub zwiększenie wzajemnej odległości elektroda. Dogodną jest też inna opornica (opornik) w której opór stanowi 60% roztwór siarczanu cynku a elektrody dwie płyty cynkowe. Roztwór wlewamy do szkl. naczynia, w które wstawiamy elektrody, między którymi umieszczamy przegrodę szklaną, taką aby szczelnie przylegając do ścian dała się podnosić do góry, w ten sposób bowiem regulując przekrój elektrolitu reguluje się opór tego opornika (rys. 6-ty).

Inne oporniki elektrolityczne posiadają elektrody z miedzi, zanurzone w roztworze siarcza-

nu miedzianego, albo też żelazne, zanurzone w roztworze siarczanu żelaznego.

2. Oporniki żarówkowe.

Bardzo dogodnymi w użyciu są oporniki żarówkowe. Zaletą tych oporników jest prosta budowa i przystosowanie do prądu z elektrowni,

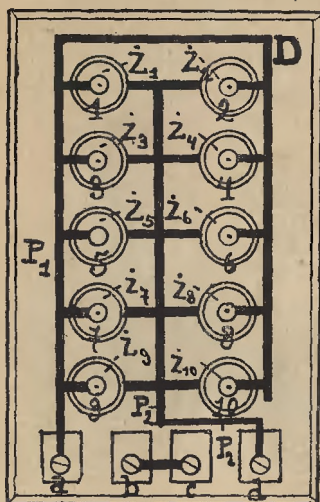


Rys. 6. Opornik elektrolityczny.

A przekrój podłużny, B przekrój poprzeczny, E elektrody, W elektrolit, P przegroda, Z zaciski, K kołek, D deska.

wadą wielki koszt. Zasada działania tych oporników jest prostą. Opór stanowią włókna węglowe lub druciki metalowe żarówek. Rys. 7-my przedstawia szemat takiego opornika. Do deski D przymocowujemy symetrycznie odpowiednią ilość opravek, dla żarówek elektrycznych (ilość stosujemy do natężenia prądu jaki chcemy otrzymać). W naszym przykładzie mamy dziesięć opravek na tyleż żarówek. Do zacisków a i b dołączamy prąd z elektrowni, o napięciu

np. 110 V. Jeżeli do oprawki 1 wkręcimy 16-świecową żarówkę węglową \dot{Z}_1 dla napięcia 110 V, (żarówka ta posiada opór 220 om.), to prąd



Rys. 7.

Szemat opornika żarówkowego.

puszcza prąd o natężeniu O_1SA .

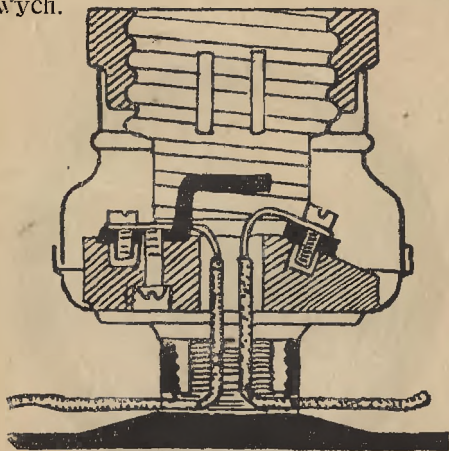
Następnie wkręcamy do oprawki 2, drugą żarówkę \dot{Z}_2 (16 świecową). Z zacisków c d otrzymamy prąd o natężeniu 1 A., a to dlatego, że wszystkie oprawki są włączone równolegle (każda w poszczególnej gałęzi), więc w drugim przypadku opór obwodu będzie dwa razy mniejszy (110 om. według wzoru 12-tego), a więc ze wzoru 1-szego otrzymamy, że natężenie w obwodzie wynosi 1 A.

Wkręcając dalej żarówki do oprawek 3, 4,

będzie płynął od zacisku a (biegun dodatni) przewodem P_1 , przez żarówkę \dot{Z}_1 , przewód P_2 , do zacisku d. Ponieważ zacisk b jest połączony z zaciskiem c, więc z zacisków d i c otrzymamy prąd o natężeniu O_1SA . Stwierdzić to można łatwo, podstawivszy we wzór 1-szy za $V=110$, $R=220$, to I będzie wynosić O_1SA . Mówimy więc, że 16-świecowa żarówka węglowa prze-

5, i t. d. będziemy pór opornika zmniejszać, a tem samem zwiększać natężenie prądu w obwodzie.

Przy wkręceniu 10-ciu żarówek natężenie wyniesie $10 \times 0,5 = 5$ A. Wkręcając żarówki, możemy regulować opór w odstępach pół-amperyowych.



Rys. 8. Przekrój oprawki dla żarówki.

Tablica V podaje ile amperów przepuszcza 100-woltowe żarówki węglowe o rozmaitej ilości świec.

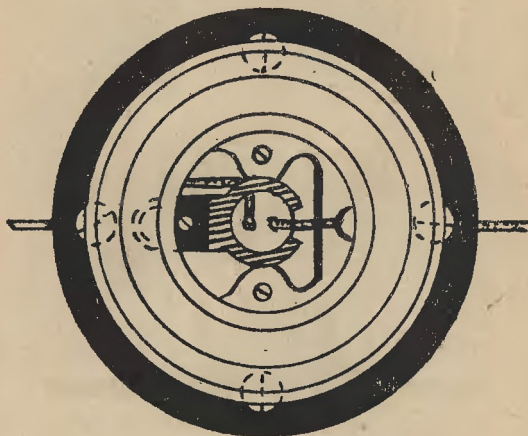
TABLICA V.

Wolty	Świece	Ampery	Świece	Ampery
Żarówki węgl. 100 woltowe	10	0,35	32	1,1
	16	0,5	50	1,5
	25	0,86	100	2,7

Można też używać żarówek metalowych jak np.: tantalowe, osramowe i t. d.

Żarówki:

T a n t a l o w e: zużywają 1,5—1,7 wata¹⁾ na jedną świecę. Istnieją na 50—60 V, 60—75 V, 100—120 V, 140—160 V, 200—220 V o sile świec 16, 25, 32, 50.



Rys. 9. Widok z góry na oprawkę dla żarówki.

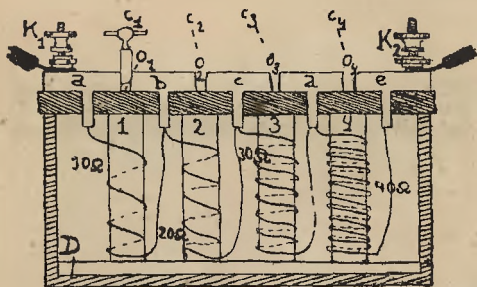
O s r a m o w e: zużywają 1,6 wata na jedną świecę żarówki: 1,2—2,5 wolta o ilości świec 0,4—1,6; 1,07 wata na świecę żarówki: o ilości świec 24—54 i 100 na 100—130 V, 1,7 wata na świecę o ilości świec 40, 50, 100 na 200—250 V.

¹⁾ 1 wat jest to jednostka mocy elektrycznej nazywana też: woltamperem, t. j. moc 1 amp. przy napięciu 1 wolta. $1 \text{ wat} = 1 \text{ wolt} \times 1 \text{ amper}$, $1000 \text{ watów} = 1 \text{ kilowat} = 1,36 \text{ konia parowego}$. $1 \text{ wat} \times 1 \text{ godzina} = 1 \text{ watogodzina}$, $1 \text{ kilowat} \times 1 \text{ godzina} = 1 \text{ kilowatogodzina}$.

Jednowatowe A. E. G.: (jeden wat na świecę) 100—130 V, 0,5 A, 50—60 świec. Wolframowe (jeden wat) Justa: 100—130 V; 20, 40, 50, 100 świec. Cyrkonowe na 120 V. rozmaita ilość świec.

Natężenie prądu jaki przepuszczają powyższe żarówki obliczymy ze wzoru:

$$i = \frac{w.s}{e} \dots\dots\dots 17$$



Rys. 10. Opornik zatyczkowy (przekrój).

gdzie i = natężenie prądu w amperach, w = moc zużywana na 1 świecę w watach, s = ilość świec, e = napięcie w woltach.

Poszczególne żarówki łączymy według schematu, oznaczonego na rys. 7-mym.

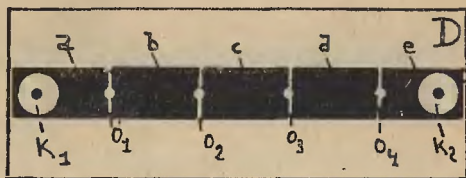
Oprawki dla żarówek musimy nabyć. Rysunek 8-my przedstawia przekrój najzwyczajszej oprawki, rysunek 9-ty widok z góry oprawki.

Oporniki żarówkowe załączamy do prądu elektrowni, która dostarcza prąd o napięciu stałym. Wahania napięcia wpływają ujemnie na trwałości żarówki. Żarówka musi być dostoso-

wana do napięcia dostarczanego przez elektrownię.

3. Oporniki metalowe.

Oporniki metalowe są tańsze od żarówkowych. Opór w tych opornikach stanowi drut z jakiegokolwiek metalu. Najczęściej są używane druty specjalnie dla oporników, wyrabiane z nikielinu konstantanu, nowego srebra, reotanu, manganinu i t. d.



Rys. 11. Opornik zatyczkowy (widok z góry).

Ze względu na konstrukcję rozróżniamy oporniki: zatyczkowe, korbowe, suwakowe itd.

Opornik zatyczkowy.

Rys. 10 przedstawia szemat opornika zatyczkowego, t. j. takiego, gdzie włączanie oporu skutecznia się przy pomocy zatyczek. W skrzynce drewnianej D umieszczamy drut opornika nawinięty na cewkach 1, 2, 3, 4. Wszystkie cewki mogą posiadać jednaki opór, albo też 1-sza najmniejszy, (np. 10 om.), druga większy (20 om.), trzecia jeszcze większy (30 om.), 4-ta największy (40 om.). Cewki przymocowujemy do dna skrzynki, zaś do izolującej pokrywy (z ebonitu), przymocowujemy mosiężne

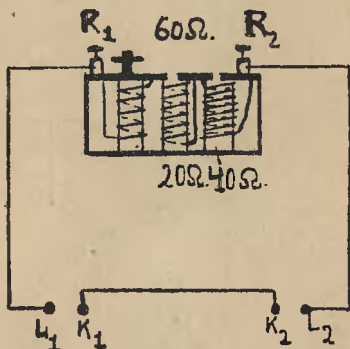
kłocki kontaktowe a, b, c, d, e (rys. 10 i 11-ty). Do klocka a wkładamy zacisk K_1 , oraz łączymy go z początkiem drutu cewki 1, do klocka b, dołączamy koniec cewki 1 i początek cewki 2, do klocka c koniec cewki 2, początek 3, do d koniec 3 początek 4, do e koniec 4 i wkładamy zacisk K_2 .

Jeżeli załączymy prąd do zacisków K_1 i K_2 , to przepłynie przez wszystkie cewki, o wspólnym oporze

100 om. Jeżeli zaś będziemy chcieli opór obwodu zmniejszyć, łączymy kłocki wtykając w otwory O_1 , O_2 , O_3 , O_4 odpowiednie mosiężne zatyczki, c_1 , c_2 , c_3 , c_4 . Wsunąwszy zatyczkę c_1 wyłączamy opór cewki 1 (10 om.),

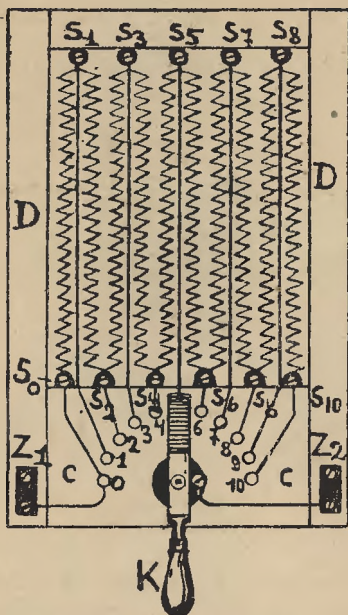
cały bowiem prąd popłynie (z powodu minimalnego oporu klocków i zatyczek) od zacisku K_1 przez klocek a zatyczkę c_1 , klocek b do cewek 2, 3, 4. Opór obwodu będzie wynosił 90 om.

Skontaktowawszy zatyczkami c_1 i c_2 zacisk K_1 z klockami a, b, c, otrzymamy opór 70 om., wyciągnąwszy zatyczkę c_1 , otrzymamy opór 80 om. W podobny sposób wtykając i wyciągając odpowiednie zatyczki, możemy otrzymywać opory 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 i 100 om.



Rys. 12. Schemat połączenia opornika zatyczkowego.

Jeżeli chcemy regulować opór w granicach jeszcze mniejszych, od 1 do 100 omów, to sporządzamy 8 cewek o oporach 1, 2, 2, 5, 10, 20, 20, 40 om.



Rys. 13. Opornik z korbą.

Długość i przekrój drutu, oraz materiał z jakiego ma być ten drut sporządzony, wybieramy zależnie od oporów, jaki chcemy otrzymać. Przy wyborze metalu, długości, przekroju należy zwracać uwagę na to, ażeby drut przy przepływie prądu zbytnio się nie rozgrzewał (wzór 16-ty), oraz aby przy podwyżce temperatury drutu wielkość oporu nie uległa zbyt wielkiej zmianie.

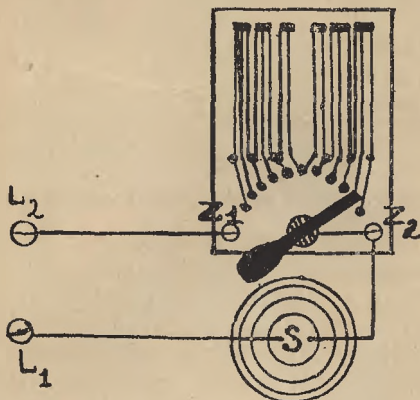
Przy budowaniu oporników dla silniejszych prądów, większy nacisk kładzie się na prostą, silną i wytrzymałą budowę opornika, zaś przy budowie oporników dla słabych prądów na dokładność oporu.

Opornik zatyczkowy włącza się w obwód

prądu według szematu wyznaczonego na rys. 12. Jeżeli napięcie w spinkach L_1 K wynosi 120 V, to włączysz w obwód opór 60 om., otrzymany ze spinek L_2 K₂ prąd o natężeniu 2 A. Jeżeli włączony opór będzie wynosił 10 om., to natężenie prądu wzrośnie do 11 A.

Opornik korbowy.

Opornik tego rodzaju posiada też opór sporządzony z metalu, różnica polega w konstruk-

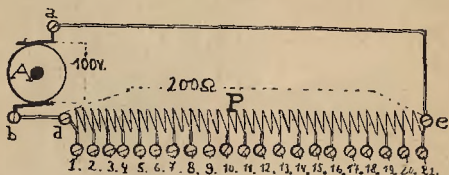


Rys. 14. Szemat włączenia opornika korkowego.

cji. Do włączenia oporów używa się korby, wskutek czego manipulowanie tą opornicą jest znacznie dogodniejsze. Rys. 13 przedstawia ten opornik. Do deski D na płycie izolującej c umocowano spiralnie skrecone druty. Ilość i wielkość oporu spiralek dowolna; w naszym przykładzie 10 spiralek, każda po 10 om. Spiralki są umocowane między spinkami s, s₁, s₂, s₃ i t. d. Na izolatorach przymocujemy dwa kontakty

Z_1 i Z_2 . Połączenie uskuteczniamy w nast. sposób: zacisk Z_1 łączymy z kontaktem O; s_1 z kontaktem 1, s_2 z 2, s_3 z 3, s_4 z 4 i t. d., aż s_9 z 9 i s_{10} z kontaktem 10. Zacisk Z_2 łączymy z kontaktem ślizgowym, zaopatrzonym w rączkę K.

Użycie opornika następujące: Do spinek Z_1 i Z_2 dołączamy prąd według szematu na rys. 14, przyczem przy włączeniu korba spoczywa na kontakcie 10 (w przeciwnym razie utworzone



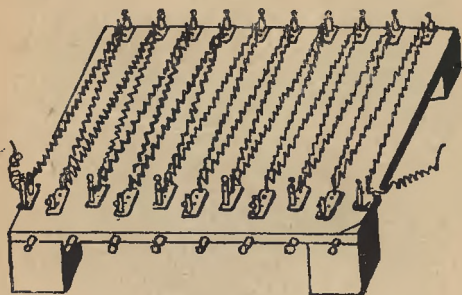
Rys. 15. Szemat opornika dla spadku napięcia.

krótkie spięcie mogłoby uszkodzić przewody). Gdy korba spoczywa na 10, włączony jest cały opór. Prąd popłynie: od Z_1 do O, s przez spiralki do s_{10} , stąd do 10, przez kontakt ślizgowy do Z_2 . Jeżeli opór jednej spiralki równa się 10 om, to opór całego opornika równa się 100 om. Posuwając korbę i kontaktu 10 na kontakty 9, 8, 7, 6, 5 i t. d., zmniejszamy kolejno opór o jedną dziesiątą całkowitego oporu opornika. Między zaciski L_1 Z_2 (rys. 14) włączamy przyrząd, dla którego natężenie prądu regulujemy. Długość, przekrój spiralek obliczamy według podanych powyżej.

Zmniejszanie napięcia prądu.

Powyżej opisane oporniki służą do zmniejszania natężenia prądu i do otrzymywania prą-

du o stałym natężeniu, przy pracach zaś w zakresie elektrochemji, potrzebujemy prądu o stałym napięciu i to napięciu, którego wielkość musimy uregulować, stosownie do wymogów naszych prac. Często potrzeba prądu o stałym napięciu i natężeniu nie przekraczającym pewnych ściśle określonych granic. Dla tych celów buduje się oporniki oparte na tych samych zasadach



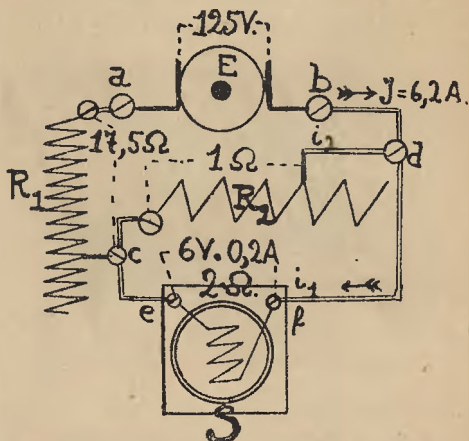
Rys. 16. Opornik dla spadku napięcia.

co i powyższe, tylko sposób ich włączania w obwód prądu jest inny, co wpływa też na pewną zmianę konstrukcji tych oporników.

Zajmijmy się przedewszystkiem zasadą działania tych oporników. Źródło prądu elektr. (rys. 15) A, dostarcza prądu o stałym napięciu w zaciskach a, b, w wysokości 100 V. Opór obwodu a-e-d-b wynosi 200 om. Ponieważ spadek napięcia w obwodzie a-e-d-b równa się co do wielkości napięciu na końcach obwodu (100 V.), więc strata napięcia w obwodzie wynosi 100 V, co na 1 om oporu wypada 0,5 wolta straty napięcia. Opór przewodów a-e i b-d jest minimalny w porównaniu z oporem opornika P; może-

my więc opór tych przewodów nie brać pod uwagę.

Przyjmujemy więc, że cała strata napięcia ma miejsce w oporniku P. i rozkłada się na tyleż równych części na ile podzielimy sam opornik. Opornik dzielimy na 20 równych części po



Rys. 17. Schemat połączenia oporników.

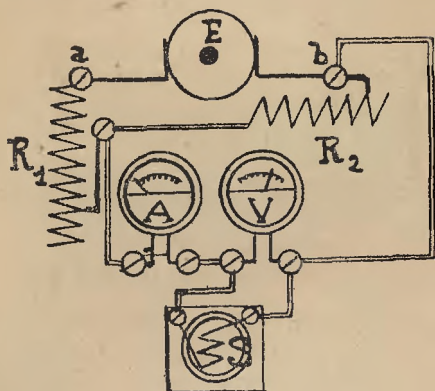
10 om. (można i więcej), tak, że na jedną część wypada 5 V. straty napięcia.

Przyrząd dla którego napięcie regulujemy umieszczamy w upuście (odgałęzieniu) do obwodu a-e-d-b. Przyłączamy go do odpowiednich spinek zależnie od napięcia jakiego potrzebuje; ze spinek 1 i 2 otrzymamy bowiem prąd o napięciu 5 V., ze spinek 1 i 3 — 10 V., ze spinek 1 i 4 — 15 V. i t. d., aż ze spinek 1 i 21 — 100 V.

Gdybyśmy opornik podzielimy na 100 części,

to byśmy mogli regulować napięcie z dokładnością pojedynczych woltów.

Natężenia prądu w tym oporniku regulować nie możemy; przy napięciu 100 V. ze spinek 1 i 21, jeżeli opór dołączonego przyrządu wynosi 1 Ω ; otrzymamy prąd o sile 100 A. Prąd taki spali przyrząd. Jeżeli zaś bierzemy prąd ze spi-

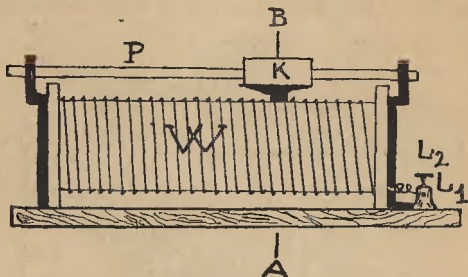


Rys. 18. Schemat połączenia oporników regulowanych według wskazówek ampero- i woltomierza.

nek 1 i 3, o nap. 10 V., to przez aparat przepły- nie prąd o sile 0,58 A. Siła ta może być niedo- stateczną dla naszego przyrządu. Opornik ten nadaje się tylko do regulowania napięcia i to w granicach niskich napięć, ponieważ przy wyż- szych zbyt silny prąd jest nie do użycia. Rys. 16 przedstawia wyżej opisany opornik.

Aby otrzymać prąd o pożądanym napięciu i natężeniu, musimy użyć dwóch oporników, które odpowiednio do obwodu włączamy. Przyj- mijmy dla przykładu, że międzyczaciskowe na-

pięcie źródła E (a b) siły elektromotorycznej, (rys. 17) wynosi 125 V. Dla naszego aparatu S, potrzebujemy prądu o sile 0,2 A., napięciu 6 V. Opór aparatu S wynosi 2 omy. Aby otrzymać żądany prąd, musimy włączyć tak dwa oporniki, aby strata napięcia wynosiła 125-6 V., a prąd



Rys. 19. Opornik suwakowy (widok z boku).

w gałęzi c-e-S-f-d 0,2 A. Połączenie uskuteczniamy według szematu na rys. 17. Przewody łączące aparaty powinny mieć opór tak mały, aby go można było przy obliczeniach pominąć. Ponieważ natężenie prądu w gałęzi c-e-S-f-d ma wynosić 0,2 A., to natężenie w głównym przewodzie powinno być większe od 0,2 A., ponieważ główny prąd J rozdziela się na dwie części i_1 i i_2 . Prąd i_1 popłynie w gałęzi c-S-d, i_2 w gałęzi c- R_2 -d. Opór R_2 możemy przyjąć dowolny, np. 1 om. Teraz możemy oznaczyć natężenie prądu głównego J ze wzoru 7-go:

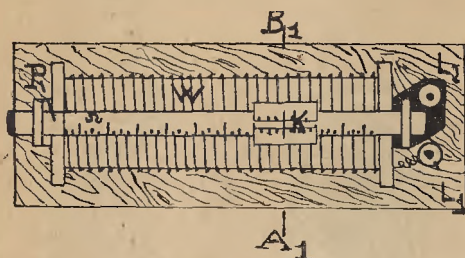
$J = 0,2 + i_2$, ponieważ zaś $i_2 = K_2 \cdot V_1$ (V_1 napięcie między c d) a $V_1 = 6$, więc $J = 0,2 + 6 R_2$, ponieważ za R_2 przyjęliśmy 1, więc $J = 0,2 + 6 = 6,2$ A.

Strata napięcia w oporniku R_1 wynosi 119 V.

Stosując wzór 4-ty otrzymamy: $119 = 6,2 \cdot R_1$,
a z tego $R_1 = 119 : 6,2 = 17,5$ om.

Opór R_2 należy zawsze przyjmować tak wielki, aby I nie wypadło za wielkie.

Wyżej podanym sposobem możemy zawsze obliczyć wielkość opornika R_1 , a przy połączeniu oporników i przyrządu według szematu na rys. 17-tym, zawsze otrzymamy z prądu



Rys. 20. Opornik suwakowy (widok z góry).

o większym napięciu, prąd o żądanym napięciu mniejszym i dowolnym natężeniu.

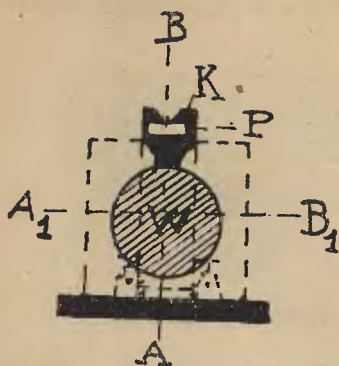
Gdy mamy do rozporządzenia woltomierz i amperomierz, to włączywszy te przyrządy do obwodu według szematu na rys. 18-tym, możemy odczytując te przyrządy miernicze i regulując w miarę ich wskazówek opory oporników (bez rachunku), tak naregulować opory, że dla przyrządu S otrzymamy prąd o żądanym napięciu i natężeniu.

Rysunki 19, 20 i 21-szy przedstawiają:

Opornik suwakowy,

który się doskonale nadaje do regulowania oporu (według wskazówek ampero- i wolto-

mierza) z dokładnością setnych części oma. Na wale izolującym W, nawinięto spiralnie drut nikielinowy, po którym się posuwa miedziany kontakt K, posuwający się zarazem po mosiężnym pręcie P. Kontakt K dotyka naraz dwa skrety drutu opornika. Jeden koniec drutu opornika łączymy z zaciskiem L_1 , zaś zacisk L_2



Rys. 21. Przekrój A-B, A_1-B_1 opornika suwakowego (patrz rys. 19 i 20).

z prądem P. Złączymy prąd do zacisków L_1 i L_2 , możemy go zmusić do przepłynięcia mniej lub więcej skrętów drutu, zależnie od położenia kontaktu K. Prąd popłynie bowiem od L_1 przez drut or do K, stąd przez P do L_2 . Jeżeli kontakt K będzie przesunięty aż do lewego końca pręta to włączony będzie cały opór, gdy zaś będzie kontakt K przesunięty do prawego końca pręta, to nie będzie włączony prawie żaden opór. Opór można regulować z dokładnością tej części oma jaką część wynosi opór jednego skrętu, np.: opór jednego skrętu wynosi 0,01 om. to można opór regulować z dokładnością 1 setnej części oma.

Długość i przekrój drutu obliczamy według wzorów wyżej podanych.

Koniec.



SAMOUCZEK TECHNICZNY
Wydawnictwo popularno-naukowe

1. Induktor.
2. Jak się buduje aparat fotograficzny.
3. Jak się fotografuje.
4. Telefon domowy.
5. Dynamo.
6. Ogniwa i baterje galw.
7. Motory elektryczne.
8. Budowa latawca.
9. Telegraf Morse'a.
10. Telegraf bez drutu.
11. Akumulatory.
12. Pompy wodne.
13. Elektrofor oraz przyrządy pomocnicze.
14. Przyrząd do elektrolizy.
15. Jedno i dwupłatowce.
16. Camera obscura.
17. Koła wodne i turbiny.
18. Ciemnia fotograf.
19. Dynamo o prądzie stałym.
20. Zbieranie i zużytkowanie nieużytków.
21. Torpedowce.
22. Tartak wodny.
23. Wiatraki.
24. Technika robót drzewnych.
25. Tokarka.
26. Roboty kartonowe.
27. Silnik na prąd stały.
28. Aparat do galwanoplastyki.
29. Elektr. kolej linowa.
30. Budowa terrarium.
31. Elektryczny aparat do kopjowania.
32. Aparat projekcyjny.
33. Przetwornice elektr.
34. Piłka (Laubsega).
35. Winda elektryczna.
36. Motor pędzony rozgrzanem powietrzem.
37. Bobsleigh, saneczki sterowe.
38. Instalacja i sporządzenie dzwonków.
39. Kinematograf.
40. Wyświetlanie filmów kinematograficznych.
41. Maszyny infl. Wintera i Whimshursta.
42. Balony.
43. Elektryczne przyrządy pomiarowe.
44. Przeróbka i obróbka szkła.
45. Ładowanie akumulatorów prądem miejsk.
46. Telegraf wskazówk.
47. Zbieranie, zasuszanie, przechow. roślin.
48. Heljograf, przyrząd do telegrafowania za pomocą światła.
49. Silnik sprężonego powietrza.
50. Domowe stacje elektryczne.
51. Oporniki elektryczne.
52. Luneta astronom.
53. Turboalternator.
54. Kieszonkowe aparaty fotograficzne.
55. Silnik benzynowy.