

WYDAWALNIA POLSKA

JAN LAZAR

MONTER ELEKTRYK

Zbiór wiadomości praktycznych o budowie i działaniu oraz montażu i obsłudze urządzeń elektrycznych prądu silnego.

ulożył

MIECZYŚŁAW POŻARYSKI

Profesor Politechniki Warszawskiej
przy współudziale

INŻ. WITOLDA KOTOWSKIEGO

Wydanie drugie
poprawione i uzupełnione

WARSZAWA
WYDAWNICTWO KSIĘGARNI J. LISOWSKIEJ
1940

Stanisław Czekolowski

WARSZATA MECHANICZNA
JAN LAZAR

MONTER ELEKTRYK

MONTER ELEKTRYK

Zbiór wiadomości praktycznych o budowie i działaniu oraz montażu i obsłudze urządzeń elektrycznych prądu silnego.

ulożył

MIECZYŚLAW POŻARYSKI

Profesor Politechniki Warszawskiej

przy współudziale

INŻ. WITOLDA KOTOWSKIEGO

Wydanie drugie

poprawione i uzupełnione

WARSZAWA

WYDAWNICTWO KSIĘGARNI J. LISOWSKIEJ

1940

WALTER BLANK

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
DIVISION OF THE PHYSICAL SCIENCES
DEPARTMENT OF CHEMISTRY

PH.D. THESIS
BY
WALTER BLANK

1957

B207DK/004-02

PRZEDMOWA DO II WYDANIA.

Przejrzenie i uzupełnienie drugiego wydania „Montera Elektryka” zostało powierzone p. inż. Witoldowi Kotowskiemu, który dokonał tego uwzględniając potrzeby praktyki tak, że nowe wydanie tej książki jeszcze bardziej odpowiada wymaganiom: kierowników biur instalacyjnych, techników pracujących w biurze, lub kierujących montażem, oraz monterów na montażu i maszynistów w elektrowniach.

AUTOR.

Warszawa w styczniu 1940.

NARZĘDZIA POTRZEBNE NA MONTAŻU.

Młotki.

- 1 szt. stalowy 0,5 kg
- 1 " " 1 "
- 1 " " 1,5 "
- 1 — do nitów 0,15 kg
- 1 — miedziany 3 kg
- 1 — drewniany.

Przecinaki (mesle).

- 2 — dług. 300 i 400 mm.
- 2 — dług. 200 mm.

Wiertła i rozwiertaki z osprzętem.

- 1 — komplet wiertel do żelaza.
- 1 — kompl. świdrów do drzewa.
- 1 — komplet świderków.
- 1 — znacznik.
- 2 — wiertarki ręczne.
- 1 — grzechotka.
- 1 — korba.

Cęgi.

- 1 — do uszek — dł. 150 mm.
- 2 — do cięcia — dł. 160.
i 310 mm.
- 2 — płasko-ostroszczypy — dł.
105 mm i 150 mm.
- 1 — cęgi kowalskie dł. 235 mm.

Śrubokręty.

- 5 — szerokości: 2, 6, 8, 10 i 12.
mm z trzonkami.
- 2 — z korba 6 i 8, oraz 10 i 12
mm.
- 2 — kątowe 6 i 8 oraz 10 i 12
mm,

Klucze do nakrętek.

- 5 — $\frac{8}{11}$, $\frac{12}{14}$, $\frac{18}{22}$, $\frac{28}{32}$, i $\frac{38}{42}$
mm,
- 2 — nastawiane dług. 200 i 275
mm.
- 3 — nasadowe $\frac{5}{16}$, $\frac{3}{8}$ i $\frac{1}{2}$ "

Pilniki do żelaza i tarniki do drzewa.

- 12 — różnej wielkości
i kształtów.
- 1 — szczotka do czyszczenia
pilników.

Piły.

- 2 — do drzewa dł. 360 mm.
- 1 — do żelaza dł. 275 mm.

Narzędzia do gwintowania.

- 1 — komplet na gwinty With-
worth'a śr. $\frac{1}{4}$ ", $\frac{5}{16}$ ", $\frac{3}{8}$ ", $\frac{1}{2}$ ", $\frac{5}{8}$ ".
- 1 — komplet na gwinty do rur
gazowych śr. $\frac{1}{4}$ ", $\frac{3}{8}$ ", $\frac{1}{2}$ ".

Narzędzia do rurek.

- 5 — cęg do gięcia dla średn.
9, 11, 13,5, 16 i 23 mm.
- 1 — przyrząd do gięcia rurek
stalowo-pancernych.
- 1 — taśma stalowa do wciąga-
nia przewodów dł. 10 m.

Narzędzia do lutowania.

- 2 — lutówek 0,25 i 1 kg.
- 1 — lampka benzynowa.
- 1 — lampka spirytusowa.
- 1 — bańka na 1 litr benzyny.
- 1 — bańka na $\frac{1}{2}$ litra spirytu-
su.
- salmiak, cyna do lutowania, ka-
lafonia, papier i płótno szli-
fierskie, pendzelki i szczo-
tecзки, taśma izolacyjna.

Różne.

- 1 — nóż monterski.
- 2 — miarki: składana i prze-
suwka.
- 1 — taśma miernicza 15 m.
- 1 — poziomnica.
- 2 — cyrkle.
- 2 — rurki stalowe do przebija-
nia murów.

SPIS RZECZY.

Przedmowa	V
Narzędzia potrzebne na montażu	VI
Skróty	XIV

Wiadomości wstępne:

1. Rodzaje prądu	1
2. Własności prądu.	3
3. Wielkości charakteryzujące prąd.	6
4. Prawa działania prądu	10
5. Połączenia	16
6. Układy urządzeń elektrycznych	16
7. Napięcia w urządzeniach elektrycznych na odbior- nikach	19
8. Ziemia w znaczeniu elektrycznym i uziemienie	20
9. Izolacja	20
10. Zwarcie	21

Silniki napędowe w elektrowniach:

11. Ogólne własności silników napędowych	22
12. Obliczenie ilości potrzebnego w elektrowni paliwa	22
13. Praca silnika wodnego	23
14. Praca silnika wiatrowego	24

Maszyny elektryczne:

15. Ogólne pojęcia przyjęte w przepisach o maszynach elektrycznych	25
16. Prądnice prądu stałego	27
17. Prądnice prądu zmiennego	37
18. Silniki elektryczne prądu stałego	46
19. Silniki asynchroniczne trójfazowe	55
20. Silniki asynchroniczne jednofazowe	67

21. Silniki Komutatorowe	67
22. Silniki synchroniczne	70
23. Silniki asynchroniczne synchronizowane	71
24. Przetwornice	72
25. Składanie i ustawianie maszyn	74
26. Puszczanie maszyny w ruch	80
27. Odbiorcze próby maszyn	84
28. Obsługa maszyn	87
29. Niedokładności w pracy maszyn	93
30. Usuwanie zakłóceń odbioru radiowego	103
31. Rodzaje transformatorów	105
32. Nazwy uzwojeń transformatorów	105
33. Przekładnia transformatorów	106
34. Określenie pojęcia mocy transformatorów	106
35. Napięcie i prądy znamionowe	107
36. Szereg najczęściej stosowanych mocy	108
37. Rodzaje pracy transformatorów	108
38. Spadek napięcia	109
39. Napięcie i prąd zwarcia	109
40. Grupy połączeń i ich zastosowanie	109
41. Równoległe połączenie kilku transformatorów	110
42. Straty energii w transformatorach	114
43. Obliczenie prądu pobieranego przez transformator	114
44. Tablica izolacji w olejowych transformatorach	116
45. Transformatoriki bezpieczeństwa i dzwonekowe	116
46. Dławiki	116
47. Montaż transformatorów	117
48. Próby odbiorcze	120
49. Obsługa transformatorów	121
50. Niedokładności w pracy transformatorów	122

Prostowniki:

51. Własności ogólne.	125
52. Ustrój prostowników	126
53. Obsługa prostowników	130

Akumulatory:

54. Budowa akumulatorów ołowianych	132
55. Ładowanie i wyładowywanie	133

56. Bateria akumulatorów	135
57. Połączenie baterii akumulatorów z prądnicami	135
58. Akumulatornia	139
59. Montaż akumulatorów	140
60. Obsługa akumulatorów stacyjnych ołowianych	142
61. Obsługa akumulatorów przenośnych ołowianych	144
62. Akumulatory ługowe czyli alkaliczne. Ustrój i własności	146
63. Obsługa akumulatorów ługowych	148

Oświetlenie

64. Pojęcia zasadnicze	149
65. Obliczenie strumienia świetlnego potrzebnego do oświetlenia	151
66. Obliczenie strumienia świetlnego, który mają dać lampy	151
67. Obliczenie liczby potrzebnych lamp	152
68. Obliczenie strumienia świetlnego wysłanego przez jedną lampę	152
69. Sposób skrócony określenia liczby i wielkości potrzebnych lamp	152
70. Normy natężenia oświetlenia	153
71. Oświetlenie zewnętrzne	154
72. Lampy żarowe	155
73. Lampy łukowe węglowe	156
74. Łukowe lampy rtęciowe	158
75. Lampki świetlące	158
76. Rury świetlące	159
77. Lampy sodowe	160
78. Lampy rtęciowe	161
79. Oprawy do lamp	161
80. Połączenie lamp żarowych z siecią	163
81. Montowanie świeczników i zwieszaków	166
82. Obsługa lamp	167
83. Obliczenie kosztu oświetlenia	168
84. Czas świecenia się lamp w godzinach	170
85. Kalendarz oświetleniowy	171

Grzejnictwo

86. Sprzęt grzejny	172
87. Ważniejsze przepisy dotyczące sprzętu grzejnego	174
88. Obliczenie ilości ciepła	175
89. Naprawa grzejników	175

Sieć urządzenia elektrycznego:

90. Zastosowanie różnych układów	177
91. Regulacja napięcia	178

Przewody w urządzeniach elektrycznych:

92. Najmniejsze przekroje	179
93. Przekroje przewodów ze względu na wytrzymałość cieplną	180
94. Przekrój przewodów ze względu na ulot	184
95. Spadek napięcia	184
96. Przekroje przewodów przy różnych napięciach prądu	186
97. Porównanie przekrojów przewodów w linii prądu stałego i prądu trójfazowego	187
98. Zestawienie wzorów dla obliczenia przekroju przewodów na spadek napięcia	188
99. Zestawienie wzorów dla obliczenia przekroju przewodów na stratę mocy	191
100. Ostateczny wybór przekroju	191
101. Obliczenie przekrojów w torze trójprzewodowym prądu stałego i cztero. prądu trójfazowego	192
102. Obliczenie sieci oświetleniowej na prąd stały	194
103. Obliczenie sieci silnikowej na prąd stały	197
104. Obliczenie przekroju przewodów w sieci oświetlenia elektrycznego zasilanej prądem trójfazowym	201
105. Obliczenie przekroju przewodów w sieci siłowej prądu trójfazowego	203
106. Przykłady obliczenia przekroju przewodów w przyłączach do sieci rozdzielczej zakładu elektrycznego	206
107. Przekrój przewodów do lamp łukowych	209
108. Ustrój przewodów i ich zastosowanie	210
109. Tablice przewodów izolowanych i kabli	214
110. Złącza i odgałęzienia	217

111.	Ogólne zasady prowadzenia przewodów w budynkach	221
112.	Izolatory i gąłki	223
113.	Zakładanie przewodów na izolatorach i gąłkach wewnątrz budynków	226
114.	Rurki do przewodów	230
115.	Złącza rurek	232
116.	Gięcie rurek	232
117.	Odgałęzienia rurek	233
118.	Zakończenie rurek	233
119.	Liczba przewodów w rurce	234
220.	Zakładanie przewodów w rurkach na tynku	236
121.	Zakładanie przewodów w rurkach pod tynkiem	237
122.	Zakładanie przewodów płaszczowych i przewodów w ołowiu	238
123.	Przejęcia przez ściany i stropy	238
124.	Zamocowanie i przygważdżanie	240
125.	Zakładanie przewodów izolowanych nazewnątrz budynków	242
126.	Zawieszanie przewodów napowietrznych	242
127.	Izolatory	248
128.	Słupy i wsporniki	252
129.	Montaż linii napowietrznej	257
130.	Obsługa linii napowietrznej	259
131.	Urządzenia ochronne	260
132.	Zastosowanie kabli obołowionych	262
133.	Zakończenia, złącza i odgałęzienia kabli	263
134.	Montaż kabli	263

Przyrządy pomiarowe:

135.	Amperomierze	269
136.	Woltomierze	271
137.	Watomierze	273
138.	Uchyby przyrządów pomiarowych	275
139.	Uchyby transformatorów miernikowych	276
140.	Liczniki kilowatogodzin	277
141.	Wskaźnik współczynnika mocy	281
142.	Wskaźnik częstotliwości	281
143.	Montaż przyrządów pomiarowych	282

Łączniki:

144. Odłączniki, wyłączniki i przełączniki	284
145. Gniazda wtyczkowe i wtyczki	287
146. Wyłączniki samoczynne	288

Bezpieczniki.

147. Przeznaczenie bezpieczników	291
148. Rozmieszczenie bezpieczników	291
149. Ustrój bezpieczników	294
150. Obsługa bezpieczników	296

Ochrona od przepięć i natężeń.

151. Przeznaczenie ochronników przepięciowych	298
152. Ustrój ochrony od przepięć	298
153. Rozmieszczenie ochronników przepięciowych	302
154. Bezpieczniki napięciowe	303
155. Ochrona od przetężeń	304

Tablice rozdzielcze i rozdzielnie w elektrowniach i podstacjach.

156. Rozdzielnie główne	305
157. Rozdzielnie wtórne	310
158. Małe tablice rozgałęźne	310
159. Obsługa rozdzielni	312

Uziemienia.

160. Co należy uziemiać	313
161. Ustrój uziemienia	314

Izolacja urządzeń elektrycznych.

146. Jaka ma być izolacja	316
147. Wskaźniki zwarcia z ziemią	318

Pomiary.

148. Pomiar natężenia, napięcia i mocy prądu	320
149. Pomiar oporu uzwojeń maszyn i oporników	322
150. Pomiar oporu izolacji urządzeń elektrycznych	324
151. Pomiar oporu uziemień	326
152. Odnajdywanie uszkodzeń	327

Porażenie prądem.

153. Jak się ustrzec od porażenia prądem	331
154. Co czynić w razie porażenia prądem	332
155. Tablice ostrzegawcze	332

Wiadomości pomocnicze.

156. Przepisy i normy elektrotechniczne	333
157. Oznaczenia na planach	334
158. Plan przewodów w mieszkaniu	336
159. Napęd pasowy	337
160. Napęd kołami zębatymi	340
161. Fundamenty pod maszyny	340

TABELE.

Moc potrzebna dla napędu różnych maszyn	342
Zamiana kilowatów na konie mechaniczne	343
Miary długości i powierzchni	344
Ciężar 1 cm. ³ w gramach niektórych ciał stałych	345
Ciężar 1 cm. ³ płynów w gramach	345
Średnica wewnętrzna rur gazowych	346
Średnica zewnętrzna gwintu Whitworth'a	346
Średnica zewnętrzna, rozwartość klucza dla gwintu me- trycznego	346
Ciężar 1 metra prętów żelaznych w kg	347
Żelazo dwuteowe	347
Żelazo teowe	347
Żelazo kątowe równoramienne	348
Żelazo ceowe	348
Żelazo kątowe równoramienne	349
Żelazo ceowe	349
Tablica potęg i pierwiastków	350
Tablica obwodów i pól kół	352

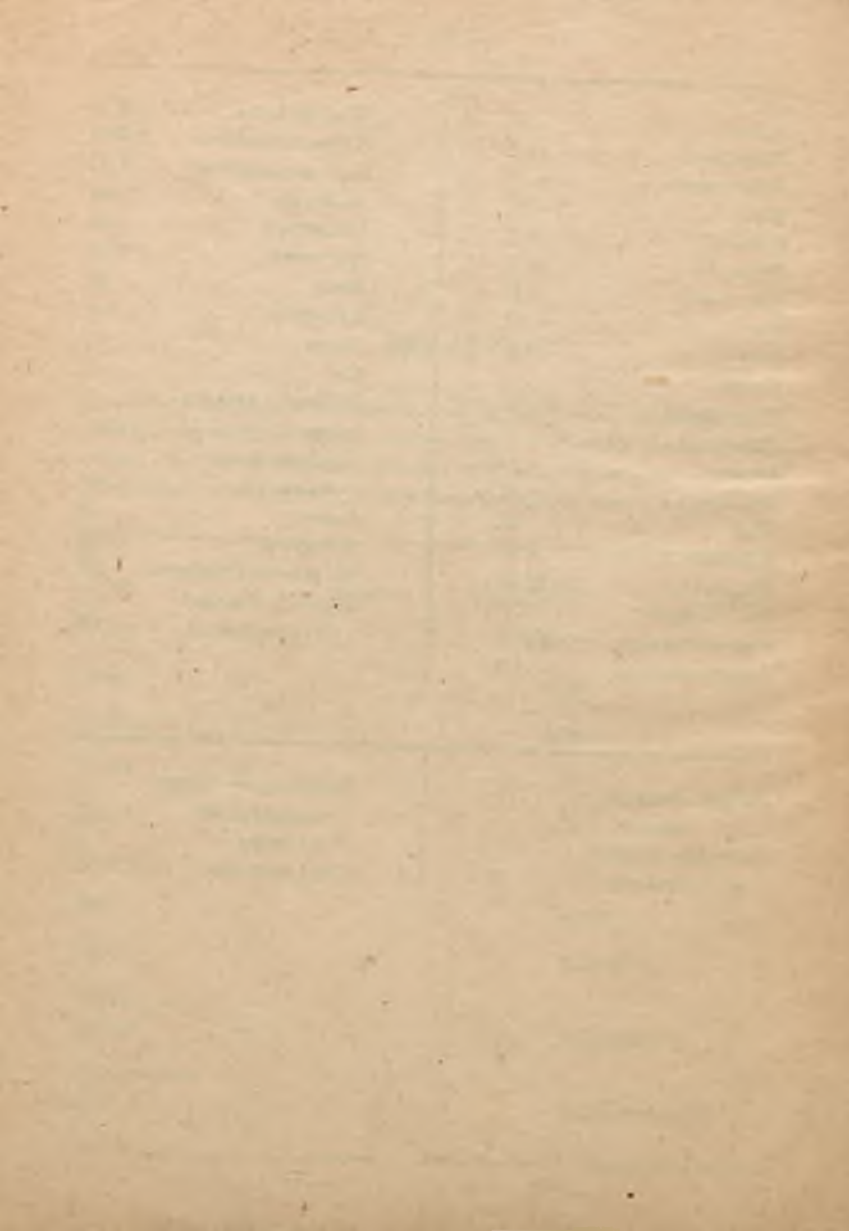
SKRÓTY

Dla oznaczenia jednostek pewną ilość razy większych lub mniejszych dodaje się do nazwy danej jednostki słowa podane niżej. Np. przez dodanie słowa „mili” do ampera otrzymujemy jednostkę „miliamper”, stanowiącą tysięczną część ampera itd.

Giga	<i>G</i>	oznacza	1000000000	jednostek
Mega	<i>M</i>	„	1000000	„
Kilo	<i>k</i>	„	1000	„
Hekto	<i>h</i>	„	100	„
Deka	<i>dk</i>	„	10	„
Decy	<i>dc</i>	„	0,1	„
Centy	<i>c</i>	„	0,01	„
Mili	<i>m</i>	„	0,001	„
Mikro	μ	„	0,000001	„
Milimikro (nano)	<i>mμ</i>	„	0,000000001	„
Mikromikro (piko)	$\mu\mu$	„	0,000000000001	„

Amper	<i>A</i>	Watogodzina	<i>Wh</i>
Miliamper	<i>mA</i>	Kilowatogodzina	<i>kWh</i>
Mikroamper	μA	Koń mechaniczny	<i>KM</i>
Wolt	<i>V</i>	Milimetr	<i>mm</i>
Kilowolt	<i>kV</i>	Centymetr	<i>cm</i>
Miliwolt	<i>mV</i>	Decymetr	<i>dcm</i>
Mikrowolt	μV	Metr	<i>m</i>
Om	Ω	Kilometr	<i>km</i>
Megom	<i>M\Omega</i>	Stopa	'
Farad	<i>F</i>	Cal	"
Mikrofarad	μF	Milimetr kwadra-	
Pikofarad	<i>pF</i>	towy	<i>mm²</i>
Henr	<i>H</i>	Centymetr sze-	
Milihenr	<i>mH</i>	ścienny	<i>cm³</i>
Wat	<i>W</i>	Gram	<i>g</i>
Kilowat	<i>kW</i>	Kilogram	<i>kg</i>
Megawat	<i>MW</i>	15 stopni Celsjusza	<i>15^o</i>
Woltoamper	<i>VA</i>	Stopień Beaumé	
Kilowoltoamper	<i>kVA</i>	(czytaj bome)	<i>°B</i>
Amperogodzina	<i>Ah</i>		

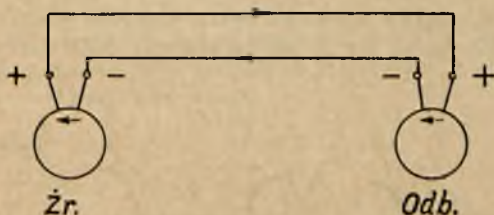
Biegun dodatni	+	Południowy biegun	
" ujemny	-	magnetyczny	<i>S</i>
Północny biegun		Prąd stały	-
magnetyczny	<i>N</i>	Prąd zmienny	~



WIADOMOŚCI WSTĘPNE

§ 1. RODZAJE PRĄDU.

1. *Prąd stały* płynie zawsze w jednym kierunku, patrz rys. 1, od (+) do (—) w odbiorniku i od (—) do (+) w źródle prądu, a w przewodach łączących źródło z odbiornikiem prąd płynie od (+) w źródle do (+) w odbiorniku i od (—) w odbiorniku do (—) w źródle.



Rys. 1.

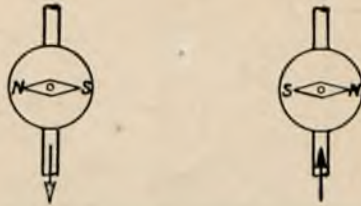
Kierunek prądu określa się odchyleniem igły magnesowej umieszczonej w pobliżu przewodu, p. r., s. 2.

Północny biegun igły magnesowej odchyła się w lewo lub w prawo zależnie od kierunku prądu.

Jeżeli igła magnesowa będzie umieszczona pod przewodem, wówczas kierunki odchyżeń będą przeciwne.

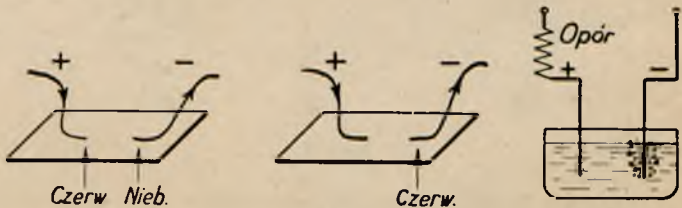
Znak bieguna na przewodach określa się:

- a) przez działanie prądu na papierek lakmusowy, zwilżony roztworem soli; tu pod biegunem ujemnym będzie znak niebieski, pod dodatnim — czerwony, p. rys. 3;



Rys. 2.

- b) przez działanie prądu na papierek biały, nasycony fenoltaleiną i nawilżony roztworem soli; tu pod biegunem ujemnym będzie znak czerwony, p. rys. 3;
- c) przy napięciu źródła *kilku* lub *kilkunastu* woltów bezpośrednio, przy wyższych napięciach przez duży opór np. przez lampkę odpowiedniego woltażu, puszczaemy prąd przez słaby roztwór kwasu siarkowego, wówczas na biegunie ujemnym będzie znacznie więcej pęcherzyków gazu, rys. 3, niż na biegunie dodatnim.



Rys. 3.

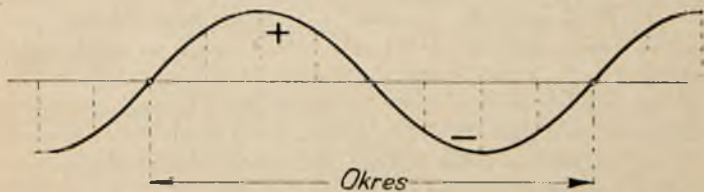
Papierek
lakmusowy
fioletowy.

Papierek
biały.

Woda
zakwaszona.

2. Prąd zmienny zmienia swój kierunek i natężenie w czasie według linii falistej czyli tak zw. wykresu sinusoidalnego, rys. 4.

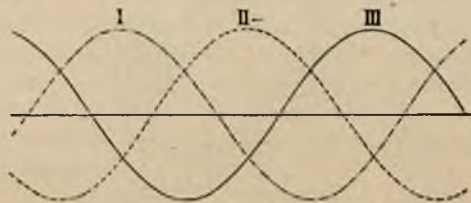
Okres zmienności powtarza się wiele razy na sekundę. Liczbę okresów na sekundę nazywamy *częstotliwością* prądu. Dla oświetlenia — 50 okresów na sekundę; taki sam prąd używa się do silników w przemyśle, na kolejach zasilanych prądem zmiennym — $16\frac{2}{3}$ okresów na sekundę.



Rys. 4.

Prąd zmienny *jednofazowy* płynie po dwóch przewodach.

Prąd zmienny *trójfazowy* — po trzech przewodach; jego zmienność jest różna w poszczególnych przewodach i wyraża się liniami falistymi przesuniętymi względem siebie, p. rys. 5. Taki prąd, gdy w pewnej chwili wypływa z prądnicy jednym przewodem, to dwoma innymi wraca.



Rys. 5.

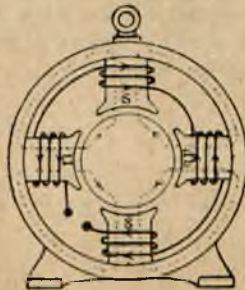
§ 2. WŁASNOŚCI PRĄDU.

1. Prąd *ogrzewa* wszystkie przewodniki, po których płynie. Przewody przesyłowe i uzwojenia maszyn grzeją się mało. Oporniki i uzwojenia grzejne, np. w żelazkach, grzeją się więcej. Najmocniej grzeją się druciki w żarówkach. Przy nadmiernym prądzie przewodniki topią się.

Przy przejściu z jednego przewodnika do drugiego prąd przechodzi przez *styk* czyli *kontakt*; jeżeli powierzchnie stykające się nie są *metalicznie czyste*, to prąd napotyka opór i styk *grzeje się*, metal utlenia się, tj. łączy się z tlenem powietrza, przez co styk psuje się jeszcze więcej. Najważniejszą wadą urządzeń elektrycznych są złe styki.

2. Prąd rozkłada roztwory soli, przez które płynie; jest to tak zwana *elektroliza*. Metale wydzielają się na płycie czyli *elektrodzie* (—) połączonej z ujemnym biegunem źródła prądu. W ten sposób można złocić, srebrzyć itp. Łącząc przedmiot metalowy z (+) źródła prądu, można metal prądem rozpuszczać, a więc, osłaniając jedne miejsca izolatorem, a odsłaniając inne, można wytrawiać rysunki na metalu.

3. Prąd przepływający przez uzwojenie obejmujące rdzeń żelazny *magnesuje* go, wytwarzając bieguny *N* i *S*, stosownie do kierunku, w którym prąd opływa wokoło rdzenia żelaznego, p. rys. 6.



Rys. 6.

4. Prądy, przepływające przez przewody równoległe, znajdujące się blisko siebie, *odpychają się* wzajemnie, gdy kierunki prądów są przeciwne, i *przyciągają się*, gdy kierunki prądów są zgodne.

Siła wzajemnego oddziaływania jest tym większa, im większe są prądy.

5. *Magnes lub elektromagnes wypycha przewód z prądem z pola swego działania w kierunku prostopadłym do linii magnetycznych.*

Siła wypychająca jest tym większa, im silniejszy jest magnes i większy prąd.

6. W przewodnikach poruszających się w polu magnetycznym powstaje siła elektromotoryczna, czyli napięcie *indukowane*. Taka sama siła powstaje w zwojach otaczających zmienny strumień magnetyczny.

7. W rdzeniach żelaznych *elektromagnesów prądu zmiennego* powstają indukowane *prądy wirowe*, które grzeją żelazo. Dla zmniejszenia tych prądów, rdzenie takie wykonywamy z blaszek. Prądy te powstają w twornikach prądnic prądu zmiennego i rdzeniach transformatorów. Podobne prądy wirowe mamy również w wirujących twornikach prądnic prądu stałego.

8. Przy przemagnesowywaniu żelaza wytwarza się w nim ciepło, wskutek tak zwanej histerezy, polegającej na tym, że żelazo opiera się przemagnesowywaniu. Histereza jest częściową przyczyną grzania się tworników prądnic prądu stałego i zmiennego oraz rdzeni transformatorów.

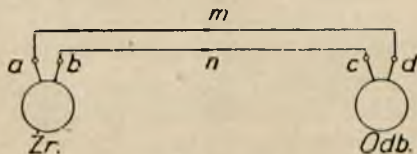
9. Przy każdej zmianie natężenia prądu w przewodach, a szczególnie w cewkach indukuje się siła elektromotoryczna *samoindukcji*, czyli indukcji własnej. Ta własność cewki nazywa się indukcyjnością. Im większa jest cewka i im więcej ma zwojów, tym wyższa jest siła elektromotoryczna indukcji własnej. Szczególnie duża jest siła elektromotoryczna samoindukcji w cewkach uzwojeń bocznikowych, nawiniętych na rdzeniach żelaznych w magneśnicy.

10. Przewodniki mają zdolność gromadzenia ładunków elektrycznych, którą nazywamy *pojemnością*; zazwyczaj mówimy o pojemności układu dwóch izolowanych od siebie przewodników, z których jeden jest połączony z dodatnim biegunem źródła prądu, a drugi z ujemnym; na jednym gromadzi się elektryczność dodatnia, a na drugim ujemna. Szczególnie kable elektryczne przy wysokich napięciach gromadzą znaczne ładunki. Przy wyłączaniu, kable mogą znaczne ładunki zachować i w razie dotknięcia wywołać porażenie.

Skutkiem pojemności nawet otwarte na końcu długie linie elektryczne połączone ze źródłem prądu zmiennego, pobierają tak zwany prąd pojemnościowy, który wyprzedza w fazie napięcie o ćwierć okresu i skutkiem tego jest bezwatowy, ale grzeje uzwojenia i przewody, po których płynie.

§ 3. WIELKOŚCI CHARAKTERYZUJĄCE PRĄD.

1. *Napięcie prądu* rozważamy na zaciskach źródła *ab* i odbiornika *cd*, p. rys. 7, oraz wzdłuż linii przewodów między przyległymi punktami przewodów *m*, *n*.



Rys. 7.

Mierzmy napięcie w woltach (skrót V), w kilowoltach (skrót kV) lub miliwoltach (skrót mV) czy mikrowoltach (skrót μ V):

kilowolt = 1000 woltów,

miliwolt = tysięczna część wolta,

mikrowolt = milionowa część wolta.

Napięcie zwykłego ogniwa galwanicznego wynosi około 1 V, akumulatora żelazo-niklowego 1,2 V, akumulatora ołowianego—1,9 V, prądnicy 110 V, 220 V itd.

2. *Natężenie prądu*, czyli krótko „prąd”, wokoło nierozgałęzionego obwodu wszędzie jednakowy, mierzymy w amperach (skrót A), miliamperach (skrót mA) i mikroamperach (skrót μ A).

3. *Moc prądu* mierzymy w watach (skrót W), kilowatach (skrót kW) i megawatach (skrót MW).

Kilowat = 1000 watów,

Megawat = 1000000 watów.

Moc prądu obliczamy z następujących wzorów:

P — moc prądu w watach, U — napięcie w woltach (przy prądzie zmiennym skuteczne), J — natężenie prądu w amperach (przy prądzie zmiennym skuteczne), $\cos \varphi$ — współczynnik mocy.

Przy prądzie stałym:

$$P = U \cdot J$$

Przy prądzie zmiennym jednofazowym:

$$P = U \cdot J \cdot \cos \varphi$$

gdy prąd zasila lampy, to $\cos \varphi = 1$ i wtedy

$$P = U \cdot J$$

Przy prądzie trójfazowym:

$$P = 1,73 \times U \cdot J \cdot \cos \varphi$$

gdy prąd zasila lampy, $\cos \varphi = 1$, więc:

$$P = 1,73 \cdot U \cdot J$$

Tak zwana *moc pozorna* prądu zmiennego jednofazowego zawsze $= U J$ mierzy się w woltoamperach albo kilowoltoamperach.

Moc pozorna prądu trójfazowego zawsze $= 1,73 \times U \cdot J$

Przykłady. a. Napięcie prądniczy prądu stałego $U=110$ V, natężenie prądu $J = 10$ A, wówczas moc:

$$P = 110 \times 10 = 1100 \text{ W} = 1,1 \text{ kW}$$

b. Napięcie prądniczy prądu zmiennego jednofazowego $U = 220$ V, prąd $J = 15$ A, $\cos \varphi = 0,8$, wówczas moc:

$$P = 220 \times 15 \times 0,8 = 2640 \text{ W} = 2,64 \text{ kW}$$

Gdy prądnicza zasila lampy, to $\cos \varphi = 1$, a moc:

$$P = 220 \times 15 = 3300 \text{ W} = 3,3 \text{ kW}$$

Moc pozorna prądniczy wynosi $220 \times 15 = 3300$ VA (woltoamperów) $= 3,3$ kVA (kilowoltoamperów).

c. Napięcie prądnicy prądu zmiennego trójfazowego $U = 120$ V, $J = 20$ A, $\cos \varphi = 0,75$, wówczas moc:

$$P = 1,73 \times 120 \times 20 \times 0,75 = 3114 \text{ W} = 3,114 \text{ kW}$$

Gdy prądnica zasila lampy, to moc:

$$P = 1,73 \times 120 \times 20 = 4152 \text{ W} = 4,152 \text{ kW}$$

Moc pozorna prądnicy wynosi:

$$1,73 \times 120 \times 20 = 4152 \text{ VA} = 4,152 \text{ kVA}$$

4. *Spółczynnik mocy* oznaczamy znakiem $\cos \varphi$ (czytaj kosinus fi). Obliczamy ze wzoru:

$$\cos \varphi = \frac{\text{moc prądu rzeczywista, wskazana przez watomierz}}{\text{moc prądu pozorna}}$$

Lampy żarowe pobierają prąd zgodny w fazie z napięciem, wtedy $\cos \varphi = 1$.

Silniki pobierają zwykle prąd spóźniający się w fazie względem napięcia, wtedy $\cos \varphi$ jest mniejszy od 1, na przykład 0,8.

Przykład. Silnik pobiera prąd trójfazowy o napięciu 220 V i natężeniu 10 A, moc rzeczywista zaś tego prądu wynosi 3050 watów, wobec tego:

$$\cos \varphi = \frac{3050}{1,73 \times 220 \times 10} = 0,8$$

5. *Moc mechaniczną* silników parowych, wodnych itp., a także elektrycznych mierzymy w koniach mechanicznych, skrót KM.

$$1 \text{ KM} = 735 \text{ watów.}$$

$$1 \text{ kW} = 1,36 \text{ KM}$$

Jeżeli mówimy, że moc silnika wynosi 10 KM, to znaczy, że na wale, który dalej łączy się z maszyną napędzaną, mamy moc mechaniczną wynoszącą 10 koni mechanicznych.

6. *Sprawność* maszyn jest stosunkiem mocy oddanej przez maszynę do mocy pobranej przez nią, oznacza się literą η (czytaj eta):

$$\eta = \frac{P_2}{P_1}$$

Sprawność wyraża się albo ułamkiem dziesiętnym lub w procentach mocy większej. Maszyny elektryczne mają najczęściej $\eta = 0,8$ do $0,9$. Sprawność maszyn większych jest większa.

Przykład. Prądnica daje moc prądu 900 kW , a od silnika napędowego pobiera 1000 kW , to sprawność prądnicy będzie:

$$\eta = \frac{900}{1000} = 0,9$$

albo: $\eta = 90\%$.

7. *Pracę prądu* mierzymy w watogodzinach (skrót Wh) lub kilowatogodzinach (skrót kWh); obliczamy ze wzoru:

A — praca w watogodzinach,

P — moc w watach, t — czas w godzinach,

$$A = P \cdot t$$

A — w kilowatogodzinach

$$A = \frac{P \cdot t}{1000}$$

Przykład. $P = 100 \text{ W}$, $t = 5 \text{ godz.}$, wówczas praca:

$$A = 100 \times 5 = 500 \text{ Wh} = 0,5 \text{ kWh}$$

8. *Ilość elektryczności* lub *ładunek elektryczny* mierzymy w amperogodzinach (skrót Ah). Obliczamy ze wzoru:

$$Q = J \cdot t$$

J — prąd w amperach, t — czas w godzinach, Q — ilość elektryczności w amperogodzinach.

Przykład. $J = 10 \text{ A}$, $t = 2 \text{ godz.}$, wówczas ładunek elektryczny: $Q = 10 \times 2 = 20 \text{ Ah}$.

Ładunek elektryczny oblicza się jeszcze inaczej z następującego wzoru:

$$Q = C \cdot U$$

Q — ładunek elektryczny w amperosekundach; 1 amperosekunda = $\frac{1}{3600}$ amperogodziny,

C — pojemność elektryczna, np. kondensatora lub kabla, którą mierzy się w faradach (F), częściej w mikrofaradach (μF) lub pikofaradach (pF). 1 mikrofarad = 0,000001 farada, a 1 pikofarad = 0,000000000001 farada. We wzorze powyższym pojemność wyrażona jest w faradach,

U — napięcie w woltach.

Przykład. $C = 2 \mu F = 0,000002 F$, $U = 500 V$, wówczas ładunek elektryczny wynosi:

$$Q = 0,000002 \times 500 = 0,001 \text{ amperosekundy.}$$

Mając Q i U można obliczyć pojemność elektryczną ze wzoru:

$$C = \frac{Q}{U}$$

Q — ładunek elektryczny wyrażony jest tu również w amperosekundach.

Przykład. $Q = 0,01$ amperosekundy, $U = 1000 V$, wtedy pojemność:

$$C = \frac{0,01}{1000} = 0,00001 F = 10 \mu F$$

§ 4. PRAWA DZIAŁANIA PRĄDU.

1. *Opór przewodników* elektrycznych mierzymy w *omach* (skrót Ω) albo w megomach (skrót $M \Omega$).

Megom = 1.000.000 omów. Opór obliczamy ze wzoru:

$$R = \frac{l}{ks}$$

R — opór w omach, l — długość w metrach, s — przekrój w mm^2 , k — przewodność właściwa.

Przykład. Przewodnik miedziany $l = 200$ m, $s = 25$ mm^2 , $k = 57$.

$$R = \frac{200}{57 \times 25} \cong 0,14 \ \Omega$$

Inny wzór na opór:

$$R = \rho \frac{l}{s}$$

ρ (czytaj ro) — opór właściwy = $\frac{1}{k}$

Przykład. Opór lub oporność właściwa przewodu glinowego, czyli aluminiowego, $\rho = \frac{1}{34}$, długość przewodu $l = 100$ m, przekrój $s = 4$ mm^2 , wówczas opór tego przewodu:

$$R = \frac{1}{34} \times \frac{100}{4} = 0,74 \ \Omega$$

Przy ogrzewaniu przewodność metali na ogół *maleje*, czyli stych metali więcej, niż stopów.

Przewodność roztworów wodnych przy ogrzewaniu *wzrasta*.

Miarą zmiany przewodności jest współczynnik cieplny oporności α (alfa). Jest to przyrost oporności $1 \ \Omega$ przy zmianie temperatury o $1 \text{ }^\circ\text{C}$. Tak np. dla miedzi $\alpha = 0,004$.

Znając ten współczynnik, można obliczyć oporność R_2 przewodnika przy ogrzaniu, jeżeli wiadomo jaka była oporność R_1 i temperatura t_1 przed ogrzaniem i do jakiej temperatury t_2 ogrzano przewodnik, według następującego wzoru:

$$R_2 = R_1 [1 + \alpha (t_2 - t_1)]$$

Np. jeżeli opór drutu miedzianego w temperaturze 20°C wynosił $10 \ \Omega$, to w temperaturze 50°C będzie wynosił:

$$\begin{aligned} R_2 &= 10 [1 + 0,004(50 - 20)] = 10 [1 + 0,004 \cdot 30] = \\ &= 10 [1 + 0,12] = 10 \cdot 1,12 = 11,2 \ \Omega \end{aligned}$$

Przewodność właściwa niektórych metali.

M A T E R I A Ł	przy 15 ^o za wyjątkiem miedzi
Srebro	63
Miedź na przewodniki miękka	od 53 do 57 przy 20 ^o
Miedź na przewodniki twarda	od 53 do 55 przy 20 ^o
Glin (aluminium)	34
Mosiądz	13
Bronz (z 5% glinu)	7,7
Bronz (z 10% glinu)	3,45
Żelazny drut	7
Stalowy drut	6
Nikielinowy drut	2,4
Chromoniklowy drut	1

Spółczynnik cieplny oporności (α)

M A T E R I A Ł	$\alpha \times 1000$
Miedź przewodnikowa	4
Srebro	3,6
Stalowy drut	5,2
Żelazny drut	4,7
Nikielina	0,019 — 0,21
Chromonikielina	0,15

2. *Prawo Ohma.* U — napięcie w woltach, J — prąd w amperach, R — opór w omach.

$$J = \frac{U}{R} \text{ amperów.}$$

Prąd o natężeniu J amperów, przepływając przez opór R omów, powoduje spadek napięcia ΔU (delta U) $= R \cdot J$

Przykład. Napięcie na odbiorniku $U = 220$ V, prąd $J = 11$ A, wówczas opór odbiornika:

$$R = \frac{220}{11} = 20 \Omega$$

Przykład. Prąd $J = 10$ A płynie przez opór $R = 40 \Omega$, wówczas spadek napięcia: $\Delta U = 40 \times 10 = 400$ V.

3. *Prawo Joule'a* (czytaj dżula). K — ilość ciepła w kaloriach dużych, J — natężenie prądu w amperach, R — opór w omach, t — czas w godzinach.

$$K = 0,86 \cdot J^2 R t$$

Przykład. Natężenie prądu $J = 5$ A, opór opornika $R = 10 \Omega$ czas przepływu prądu $t = 2$ godziny.

$$K = 0,86 \times 5^2 \times 10 \times 2 = 430 \text{ dużych kalorii.}$$

Ponieważ jedna duża kaloria ogrzewa 1 kg wody o 1° Celsjusza (C), tym ciepłem można np. 10 kg wody ogrzać o:

$$\frac{430}{10} = 43^{\circ} \text{ Celsjusza.}$$

Inny wzór na obliczanie ilości ciepła:

$$K = 0,86 \cdot U \cdot J \cdot t$$

U — napięcie w woltach, J — prąd w amperach, t — czas w godzinach.

Przykład. Napięcie $U = 110$ V, prąd $J = 5$ A, czas $t = 3$ godziny, wówczas ilość ciepła wyniesie:

$$K = 0,86 \cdot 110 \cdot 5 \cdot 3 = 1419 \text{ dużych kalorii.}$$

4. *Prawo Faraday'a.* M — ilość wydzielonego przy elektrolizie metalu w gramach, J — natężenie prądu w amperach, t — czas w godzinach, a — równoważnik elektrochemiczny zależny od rodzaju soli poddanej elektrolizie:

$$M = a \cdot J \cdot t$$

Przykład. Z roztworu siarczanu miedzi 1 A w ciągu 1 godziny wydziela $a = 1,1858$ g miedzi, a z azotanu srebra $a = 4,0248$ g srebra.

Prąd $J = 20$ A wydzieli z roztworu siarczanu miedzi w ciągu $t = 4$ godz. miedzi:

$$M = 1,1858 \times 20 \times 4 = 94,864 \text{ g}$$

5. *Prawo indukcji.* a) E — siła elektromotoryczna w woltach indukowana w poruszającym się drucie, B — gęstość linii magnetycznych, czyli liczba linii magnetycznych na 1 cm^2 przekroju poprzecznego, l — długość drutu w cm, v — szybkość ruchu przewodu w cm na sek.

$$E = \frac{B \cdot l \cdot v}{100000000} \text{ woltów.}$$

Tu drut i kierunek ruchu są prostopadłe do kierunku strumienia magnetycznego.

Kierunek siły elektromotorycznej jest zgodny z kierunkiem palców prawej ręki, jeżeli dłoń jest zwrócona do bieguna N a odwrócona od bieguna S, a odchyłony duży palec wskazuje ruch przewodnika.

Przykład. $B = 6000$ linii magnetycznych, $l = 20$ cm, $v = 1000$ cm na sek., wówczas:

$$E = \frac{6000 \times 20 \times 1000}{100000000} = 1,2 \text{ V}$$

b) E — siła elektromotoryczna indukowana w woltach w jednym zwoju otaczającym zmienny strumień magnetyczny, $\Delta \Phi$ (czytaj delta fi) zmiana strumienia objętego zwojem w czasie Δt sekund.

$$E = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t \times 100000000} \text{ woltów,}$$

w z zwojach:

$$E = - \frac{\Delta \Phi \cdot z}{\Delta t \cdot 100000000} \text{ woltów.}$$

Znak minus oznacza, że kierunek siły elektromotorycznej jest odwrotny do prądu, który wytworzył strumień Φ .

Przykład. $\Delta \Phi = 2000000$ linii magnetycznych, $\Delta t = 0,02$ sek., $z = 50$, wówczas:

$$E = - \frac{2000000 \times 100 \times 50}{2 \times 100000000} = - 50 \text{ V}$$

6. *Prąd* zmienny płynący przez pojemność linii lub kondensatora:

$$J = \frac{U \cdot C \cdot \omega}{1000000} \text{ amperów.}$$

J — natężenie prądu skuteczne w amperach, U — napięcie skuteczne w woltach, C — pojemność w mikrofaradach (mikrofarad = jednej milionowej części farada), ω — pulsacja = $2 \pi f = 6,28 \times f$, gdzie f — częstotliwość prądu zmiennego.

Przykład. $U = 120 \text{ V}$, $C = 10 \mu \text{ F}$, $f = 50$ okresów na sek., $\omega = 6,28 \times 50 = 314$, wówczas:

$$J = \frac{120 \times 10 \times 314}{1000000} = 0,377 \text{ A}$$

7. Napięcie prądu zmiennego na cewce przy małym oporze rzeczywistym:

$$U = J \cdot L \omega$$

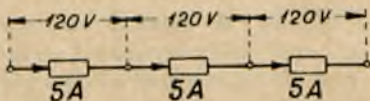
U — napięcie skuteczne w woltach, J — natężenie skuteczne prądu w amperach, L — indukcyjność cewki w henrach (milihenr = tysięczna część henra), ω — pulsacja jak w punkcie poprzednim.

Przykład. $J = 20$ A, $L = 0,01$ H (henra), $\omega = 314$, wówczas:

$$U = 20 \times 0,01 \times 314 = 62,8 \text{ V}$$

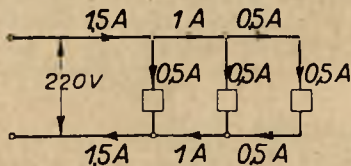
§ 5. POŁĄCZENIA.

1. *Szeregowe* — prąd wszędzie jednakowy, napięcia dodają się, p. rys. 8.



Rys. 8.

2. *Równoległe* — napięcie wszędzie prawie jednakowe, prądy stopniowo dodają się, p. rys. 9.



Rys. 9.

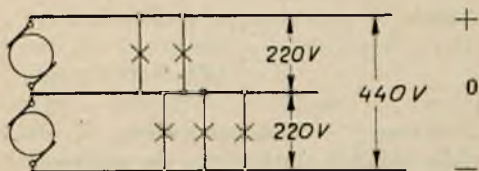
§ 6. UKŁADY URZĄDZEŃ ELEKTRYCZNYCH.

1. Dwuprzewodowy prądu stałego, p. rys. 10.



Rys. 10.

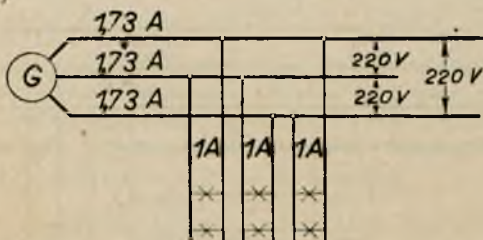
2. Trójprzewodowy prądu stałego, p. rys. 11.



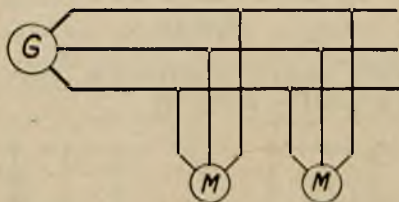
Rys. 11.

Przy takim układzie staramy się zawsze, aby ogólna moc odbiorników włączonych między (+) a (0) była możliwie równa mocy ogólnej odbiorników włączonych pomiędzy (0) a (-).

3. Trójfazowy — trójprzewodowy, p. rys. 12 i 13.



Rys. 12.



Rys. 13.

W takim układzie staramy się, aby ogólna moc odbiorników włączonych pomiędzy dwa przewody była dla wszystkich trzech

faz jednakowa. Jeżeli przez J' oznaczymy prąd w każdej grupie lamp, a przez J prąd w każdym z przewodów przed rozgałęzieniem, to przy równym obciążeniu faz:

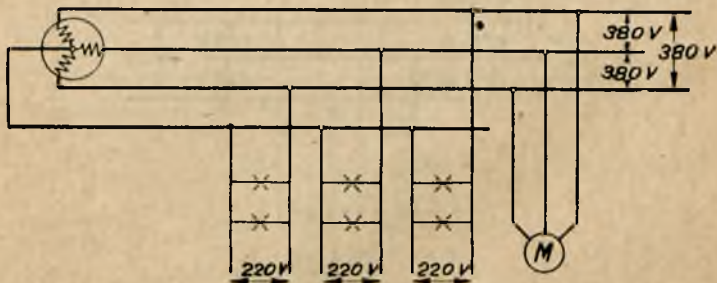
$$J = 1,73 J'$$

4. Trójfazowy — czteroprzewodowy, p. rys. 14.

W takim układzie staramy się, aby ogólna moc odbiorników włączonych pomiędzy przewody 1—0, 2—0, 3—0 była dla każdej fazy ta sama. Jeżeli napięcia między fazowymi przewodami 1—2, 1—3 i 2—3 oznaczymy przez U , a napięcia pomiędzy 1—0, 2—0 i 3—0 oznaczymy przez U_0 , to:

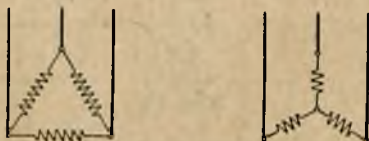
$$U = U_0 \times 1,73$$

Przykład. Na rys. 14 mamy: $380 = 220 \times 1,73$.



Rys. 14.

5. Uzwojenia maszyn trójfazowych mogą być łączone w trójkąt lub w gwiazdę, p. rys. 15.



Rys. 15.

Przy połączeniu w *trójkąt*:

Napięcie międzyprzewodowe = napięciu na zaciskach *jednej fazy*.

Prąd przewodowy = prądowi w *jednej fazie* $\times 1,73$.

Przy połączeniu w *gwiazdę*:

Napięcie międzyprzewodowe = napięciu na zaciskach *jednej fazy* $\times 1,73$.

Prąd w przewodach = prądowi w *uzwojeniach poszczególnych faz*.

§ 7. NAPIĘCIA W URZĄDZENIACH ELEKTRYCZNYCH NA ODBIORNIKACH.

1. Przy prądzie *stałym* najczęściej są stosowane w układach dwuprzewodowych 110 V; 220 V; zaleca się stosować 220 V. W układach trójprzewodowych 2×110 i 2×220 .

2. Przy prądzie *trójfazowym* są stosowane napięcia fazowe 127 i 220, a napięcia międzyprzewodowe, czyli skojarzone: 220; 380; 1000; 3000; 6000; 10000; 15000; 20000; 30000; 45000; 60000; 80000; 100000; 150000; 200000; 300000. Napięcia wydrukowane *tłustym drukiem* są szczególnie zalecane.

3. Urządzeniami elektrycznymi *niskiego napięcia* są:

- a) urządzenia dwuprzewodowe, trójprzewodowe lub wieloprzewodowe, w których napięcie skuteczne między dwoma przewodami *nie przekracza 250 V*,
- b) urządzenia wieloprzewodowe, w których napięcie skuteczne między dwoma skrajnymi (zewnątrznymi) przewodami *przekracza wprawdzie 250 V*, lecz napięcie między przewodem zerowym, a dowolnym przewodem skrajnym *nie przekracza 250 V*, przewód zaś zerowy jest uziemiony.

Przy akumulatorach jest miarodajne napięcie wyładowania.

4. Urządzeniami elektrycznymi *wysokiego napięcia* są:

- a) urządzenia dwuprzewodowe, w których napięcie skuteczne między dwoma przewodami *przekracza 250 V*,

- b) urządzenia wieloprzewodowe, w których napięcie skuteczne pomiędzy przewodami skrajnymi wynosi *więcej, niż 250 V*, a przewód zerowy *nie jest uziemiony*,
- c) urządzenia wieloprzewodowe, w których napięcie skuteczne między przewodem zerowym, a dowolnym skrajnym *przekracza 250 V*, chociażby przewód zerowy był uziemiony.

§ 8. ZIEMIA W ZNACZENIU ELEKTRYCZNYM I UZIEMIENIE.

Praktycznie za „ziemię” w znaczeniu elektrycznym uważamy wszystkie przedmioty przewodzące połączone elektrycznie z wilgotnymi warstwami gruntu, np. rury wodociągowe itp. *Uziemić* jakiś przewodnik, to znaczy połączyć go z ziemią w znaczeniu elektrycznym, za pomocą przewodnika o małym oporze. Im ten opór jest mniejszy, tym uziemienie będzie lepsze; szczególnie jednak wielkie znaczenie dla dobroci uziemienia ma dokładny styk na znacznej powierzchni z wilgotnym gruntem przedmiotów metalowych uziemiających, tj. tak zwanych *uziemiaczy*. Sporządzanie uziemień: § 161.

§ 9. IZOLACJA.

Różne bieguny w urządzeniach elektrycznych muszą być od siebie izolowane tym lepiej, im wyższe jest napięcie; szczególnie dobra izolacja jest wymagana przy wysokich napięciach.

Stosowane materiały izolacyjne muszą mieć znaczną wytrzymałość na przebicie prądem. Dla przykładu podajemy napięcia obliczone w kilowoltach (w tysiącach woltów) na 1 cm grubości izolatora, przy których izolator zostaje *przebity* prądem:

Powietrze	30 kV na cm
Olej	100 " " "
Porcelana	100 " " "
Papier nasycony	150 " " "
Mikanit	300 " " "
Mika	500 " " "

Liczby powyższe stosuje się do przebicia w środku pomiędzy płaskimi płytkami metalowymi. Pomędzy ostrymi kantami przewodników izolatory są przebijane przy niższych napięciach. Z tego względu przy bardzo wysokich napięciach wszystkie kanty należy zaokrąglać, ostroży unikać.

Jeżeli dwa przewodniki są umocowane na podkładce izolacyjnej obok siebie, to może nastąpić tak zwany *przeskok* prądu po powierzchni powyższej podkładki izolacyjnej; wytrzymałość izolacji na przeskok będzie tym większa, im czystsza i suchsza będzie powierzchnia izolatora. W miarę możliwości dla zwiększenia wytrzymałości na przeskok pogrążamy przewodniki z podkładką izolacyjną do oleju. W ogóle wytrzymałość urządzeń izolacyjnych na przeskok jest mniejsza niż na przebicie.

Dla przykładu podajemy, że prąd przeskakuje po podkładce izolacyjnej między przewodnikami:

w powietrzu suchym przy napięciu 7 do 8 kV na cm odległości między przewodnikami,

w powietrzu bardzo wilgotnym:

4 do 5 kV na cm

w oleju:

15 do 20 kV na cm

§ 10. ZWARCIE.

Jeżeli w urządzeniu elektrycznym zetkną się ze sobą gołe przewodniki różnych biegunów, lub w ogóle w jakikolwiek sposób połączą się innym przewodnikiem o małym oporze, to mówimy, że zaszło *zwarcie* w urządzeniu elektrycznym, wtedy zwykle przez mały opór płynie duży bardzo prąd, stapiają się bezpieczniki, lub wyłączają samoczynne wyłączniki nadmiarowe.

SILNIKI NAPĘDOWE W ELEKTROWNIACH.

§ 11. OGÓLNE WŁASNOŚCI SILNIKÓW NAPĘDOWYCH.

1. Silniki do pędzenia prądnic bywają stosowane parowe, spalinowe, wodne i wiatrowe. Od takiego silnika wymagamy jak najrównomierniejszego biegu. Osiągamy ten bieg za pomocą odpowiednich regulatorów i kół zamachowych.

Małe nawet zmiany w obrotach silnika odbijają się na oświetleniu — światło lamp miga.

2. W urządzeniach prądu stałego, gdy silnik napędzający prądnicę ma bieg za mało równomierny, można, włączając równoległe z prądnicą baterię akumulatorów, osiągnąć na lampach dość równe napięcie, a więc i równe światło.

Osiągnąć biegu równomiernego silników wiatrowych nie można, i z tego powodu, stosując zwykłe prądnice, ładujemy wpierw akumulatory, z których potem czerpiemy prąd do oświetlenia, albo też stosujemy prądnice specjalne wraz z równoległe włączonymi akumulatorami.

3. Szczególnie równomierny bieg silników napędowych jest wymagany wtedy, gdy one napędzają kilka prądnic prądu zmiennego równoległe połączonych.

§ 12. OBLICZENIE ILOŚCI POTRZEBNEGO W ELEKTROWNI PALIWA.

Ilość paliwa = zużyciu paliwa na 1 kWh \times ilość wyprodukowanych kWh (kilowatogodzin).

Zużycie paliwa dla różnych silników w kilogramach na jedną kWh, przy pełnym (normalnym) obciążeniu.

Maszyna parowa bez kondensacji . . .	od 1,4	do 2,0
Maszyny parowe tłokowe i turbiny parowe z kondensacją	„ 0,68 „	1,4
Silniki spalinowe dizlowskie	„ 0,25 „	0,30

Małe maszyny zużywają na jedną kWh więcej paliwa, a duże mniej.

Przykład. Prądnica napędzana silnikiem spalinowym mocy 400 kW dostarczyła 500 kWh, pracując przy pełnym obciążeniu. Odpowiednie zużycie ropy wyniosło:

$$0,25 \times 500 = 125 \text{ kg}$$

Jeżeli obciążenie maszyny jest mniejsze od pełnego, to zużycie paliwa na kWh jest większe; tak np. przy $\frac{1}{2}$ obciążenia pełnego wyniesie 0,3 do 0,35 kg, przeto przy obliczeniach na czas dłuższy, gdy obciążenie jest nierówne, należy uwzględnić zużycie większe od obliczonego przy pełnym obciążeniu.

§ 13. PRACA SILNIKA WODNEGO.

Obliczenie liczby kWh, jaką można osiągnąć za pomocą silnika napędowego wodnego (turbiny wodnej) obracającego prądnicę. Jeżeli przez W oznaczymy liczbę otrzymanych kWh, przez Q — ilość wody, która przepłynęła w tonnach, H — wysokość spadku wody w metrach, to z uwzględnieniem przeciętnych współczynników sprawności:

$$W = 0,002 \cdot Q \cdot H$$

Przykład. Przez turbinę wodną przepłynęło w ciągu roku 7 500 000 tonn wody, różnica poziomów wody w kanale dopływowym i odpływowym wynosi 10 metrów, z prądnicy otrzymano:

$$W = 0,002 \cdot 7\,500\,000 \cdot 10 = 150\,000 \text{ kWh}$$

§ 14. PRACA SILNIKA WIATROWEGO.

Obliczenie kWh otrzymywanych z elektrowni wiatrowej przeprowadza się na zasadzie następujących danych.

Tabela wiatrów.

Szybkość wiatru w m. na sek.	Nazwa	O z n a k i
od 4 — 6	słaby	gałęzie porusza
„ 6 — 8	umiarkowany	gałęzie zgina
„ 8 — 11	średni	drzewa zgina
„ 11 — 14	dość mocny	liście i gałązki zrywa
„ 14 — 17	mocny	cienkie gałęzie łamie

Moc silnika wietrzego w koniach mechanicznych oznaczmy przez N , całą powierzchnię skrzydeł wiatraka w m^2 przez S , szybkość wiatru w metrach na sekundę przez v , wtedy moc silnika obliczymy ze wzoru:

$$N = \frac{S \cdot v^3}{1250}$$

Jeżeli sprawność niewielkiej prądnicy przy zmiennym nie-raz nie pełnym obciążeniu przyjmiemy średnio 0,75, sprawność akumulatorów 0,6, to liczba kWh otrzymanych w ciągu t godzin wypadnie:

$$W = 0,00027 \cdot S \cdot v^3 t$$

Przykład. Skrzydła wiatraka mają powierzchnię $10 m^2$, szybkość wiatru $8 m$ na sek., wiatr wieje 5 godzin, otrzymana ilość kWh będzie:

$$W = 0,00027 \cdot 10 \cdot 512 \cdot 5 = 7 \text{ kWh}$$

MASZYNY ELEKTRYCZNE.

§ 15. OGÓLNE POJĘCIA PRZYJĘTE W PRZEPISACH O MASZYNACH ELEKTRYCZNYCH *).

1. *Maszyną* nazywamy prądnicę, silnik, przetwornicę.
2. *Części składowe maszyny*: stojan (stator) nieruchomy, wirnik (rotor) wirujący.
3. *Prądnica* jest maszyną wirującą, przetwarzającą energię mechaniczną na elektryczną.
4. *Silnikiem* elektrycznym jest maszyna wytwarzająca energię mechaniczną, z energii elektrycznej.
5. *Przetwornicą* jest maszyna wirująca lub zespół maszyn, które przekształcają energię elektryczną jednego rodzaju na energię elektryczną innego rodzaju.
6. *Znamionami* maszyny nazywamy własności wypisane na tabliczce maszyny jak to: moc, liczba obrotów na minutę, napięcie, prąd, częstotliwość, współczynnik mocy.
7. *Pracą znamionową* nazywamy pracę maszyny zgodną ze znamionami.
8. *Obciążeniem znamionowym* nazywa się obciążenie zgodne z jej znamionami — (jest to pełne obciążenie, dla którego ona została zbudowana, przekroczyć je można tylko w wyjątkowych okolicznościach, szczególnie przewidzianych przez przepisy).
9. *Moc prądnicy* oznacza moc prądu na zaciskach wyrażoną bądź w kilowatach (kW), bądź w kilowoltoamperach (kVA).

*) Przepisy, oceny i badania maszyn elektrycznych
PNE/23/1932.

10. *Moc silnika* jest mocą mechaniczną na wale silnika wyrażoną bądź w kilowatach (kW), bądź w koniach mechanicznych (KM).

11. *Moc przetwornic* jest mocą elektryczną na zaciskach wtórnych, czyli po stronie odbiorników, wyrażoną w kW lub w kVA.

12. Powyższe określenia stosuje się do mocy oddanej przez maszynę, inna, zawsze większa, jest moc pobrana. Stosunek mocy oddanej do pobranej nazywamy *sprawnością* maszyny.

13. Wobec różnorodnych warunków pracy silników elektrycznych, ten sam silnik może mieć różne znamiona w rozmaitych warunkach, a więc np. różną moc.

Stosownie do rozmaitych warunków pracy bywa moc znamionowa silnika przy pracy:

- a) ciągłej,
- b) dorywczej,
- c) przerywanej.

Pracą ciągłą nazywamy pracę nieprzerwaną, zbliżoną do pracy z obciążeniem stałym, przy którym maszyna zagrzewa się do temperatury ustalonej.

Pracą dorywczą nazywamy pracę, trwającą przez czas z góry określony i tak krótki, że nie może być osiągnięte nagrzanie ustalone. Przerwa w pracy powinna trwać tak długo, aż maszyna ostygnie do temperatury otaczającego powietrza, lub powietrza chłodzącego, które jest przedmuchiwane przez maszynę.

Zwykle silniki bywają znamionowane na następujące cztery rodzaje pracy dorywczej.

Stosownie do długootrwałości pracy, bywają silniki przeznaczone na moc dorywczą, którą dawać mogą w ciągu 15, 30, 45, 60 lub 90 minut.

Pracą przerywaną nazywamy pracę składającą się z dowolnie długiego szeregu krótkotrwałych obciążeń, przerywanych postojami. Czas trwania obciążenia i następującego po nim postoju łącznie nie powinien przewyższać 10 minut.

Pracę przerywaną określa się za pomocą przeciętnego względnego czasu pracy, obliczonego jako stosunek sumy czasu wszystkich włączeń do całego czasu pracy przerywanej (jednak

nie więcej jak na 8 godz.). Stosunek ten wyraża się w procentach.

Zwykle silniki bywają znamionowane na następujące trzy rodzaje pracy przerywanej:

stosownie do względnej długości czasu włączenia, bywają silniki przeznaczone na moc przerywaną, którą dawać mogą przy obciążeniu przerywanym 15, 25 i 40-procentowym.

14. *Obciążenie przy pracy* wszystkich maszyn ograniczone jest temperaturą dopuszczalną, do której maszyna może się grzać stosownie do przepisów. Przepisy przewidują, że uzwojenia maszyn mniejszych od 5000 kVA przy zwykle stosowanej izolacji mogą grzać się najwyżej o 50⁰ ponad otoczenie, to samo stosuje się do żelaza, komutatorów i pierścieni ślizgowych, za wyjątkiem uzwojeń wzbudzających małej oporności i kompensacyjnych, które mogą się grzać o 60⁰ ponad otoczenie. Natomiast łożyska mogą się grzać tylko o 45⁰ ponad otoczenie. Dalsze szczegóły patrz w przepisach.

Przykład. Jeżeli powietrze otaczające ma temperaturę 20⁰, to uzwojenie może mieć temperaturę:

$$20 + 50 = 70^0$$

§ 16. PRĄDNICE PRĄDU STAŁEGO.

1. Prądnice prądu stałego stosowane w elektrowniach zasilają zazwyczaj sieci dla oświetlenia i przenoszenia siły, *dwu-przewodowe*, wyjątkowo o napięciu prądu 110 V, a zwykle 220 V, oraz *trójprzewodowe* na $2 \times 220 \text{ V} = 440 \text{ V}$. Sieci *tramwajów elektrycznych* mają napięcie zwykle 500 do 650 V, a koleje dojazdowe 750 do 1650 V, zaś koleje międzymiastowe szerokotorowe do 3000 V.

2. *Napięcie prądnic.* Odpowiednio do powyższych napięć sieci, znamionowe normalne napięcia prądnic są zawsze nieco wyższe, ze względu na spadek napięcia w sieci.

Sieci oświetleniowe, służące jednocześnie do przenoszenia siły, są zasilane prądnicami o napięciu: 115, 230 i 460 V.

Prądnice 460-woltowe zaopatruje się w dzielnik napięcia np. z dławikiem, ze środka którego wyprowadza się przewód zerowy.

Do elektrolizy i oświetlenia wagonów stosowane bywają prądnice na napięcia niższe wynoszące kilka, kilkanaście lub kilkadziesiąt woltów.

3. *Obliczenia mocy silników* potrzebnych dla napędzania prądnic. Jeżeli przez N oznaczymy moc silnika napędowego w koniach mechanicznych, przez U napięcie na zaciskach prądnicy, przez J prąd znamionowy prądnicy, a przez η (czytaj eta) sprawność prądnicy, to:

$$N = \frac{UJ}{735 \cdot \eta}$$

Sprawność prądnic w zależności od mocy podajemy w tabelicy:

Moc w kW	1,5	3	6	12	25	60	150	400	1000
η w %	48	81	83	86	89	91	92	93	93,6

Przykład. Prądnica przy napięciu 230 V dostarcza 100 A, $\eta = 0,89$.

$$N = \frac{230 \cdot 100}{735 \cdot 0,89} = 35 \text{ KM}$$

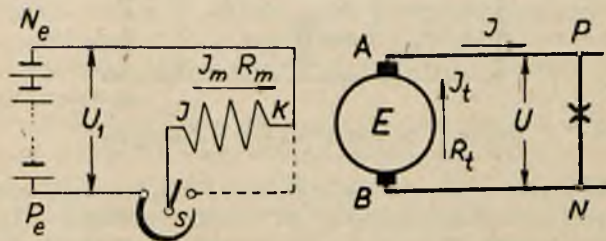
O ile prądnica jest napędzana przez przekładnię, należy uwzględnić sprawność przekładni (p. w końcu książki wiadomości pomocnicze).

4. *Prądnice prądu stałego* dzielą się na obcowzbudne i samowzbudne. W prądnicy obcowzbudnej uzwojenie magnesów zasilane jest z obcego źródła, p. rys. 16.

Napięcie takiej prądnicy zmienia się mało przy zmianie obciążenia.

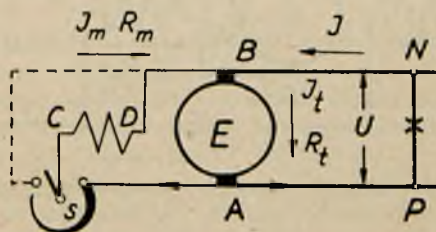
Prądnicą samowzbudną zasila uzwojenie magnesów prądem wytworzonym w tworniku.

Prądnice samowzbudne dzielą się na bocznikowe, szeregowe i szeregowo-bocznikowe.



Rys. 16. Schemat prądnicy obcowzbudnej.

W prądnicę bocznikowej końcówki uzwojenia magnesów dołączone są do twornika, p. rys. 17.

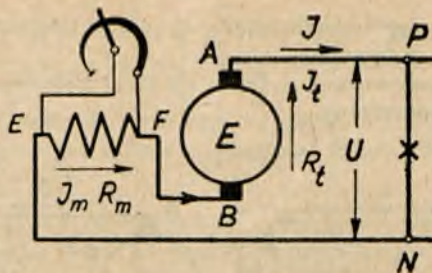


Rys. 17. Schemat prądnicy bocznikowej.

Napięcie prądnicy bocznikowej zmienia się niewiele przy zmianie obciążenia.

W prądnicę szeregową uzwojenie magnesów połączone jest w szereg z uzwojeniem twornika, p. rys. 18.

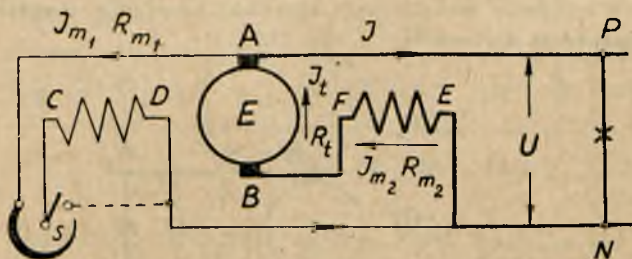
Napięcie prądnicy szeregowej z początku wzrasta wraz z obciążeniem, dochodzi do wartości maksymalnej, po czym zmniejsza się.



Rys. 18. Schemat prądnicy szeregowej.

W prądnicy szeregowo-bocznikowej jedno uzwojenie magnesów dołączone jest bocznikowo do twornika, a drugie — szeregowo, p. rys. 19.

Napięcie powyższej prądnicy jest prawie stałe przy zmianie obciążenia.



Rys. 19. Schemat prądnicy szeregowo-bocznikowej.

5. *Wzbudzanie prądnic w elektrowniach przeważnie oświetleniowych stosuje się bocznikowe.*

Jeżeli obok światła prądnica zasila dużo silników, to używamy prądnic bocznikowo-szeregowych.

Dla trakcji elektrycznej (tramwaje i koleje) stosujemy najczęściej prądnice bocznikowo-szeregowo.

Dla właściwego wzbudzenia prądnicy należy nadać prądnicę odpowiednią szybkość ruchu obrotowego i sprawdzić za pomocą obrotomierza, czy liczba obrotów na minutę jest taka, jak napisana na tabliczce znamionowej, poza tym muszą być końce

uzwojenia bocznikowego tak połączone przez opornik regulacyjny ze szczotkami, aby prąd magnesujący wzmacniał magnetyzm szczątkowy. Sprawdza się te połączenia, patrząc na woltomierz włączony na szczotki. Jeżeli przy zmniejszaniu oporu w oporniku regulacyjnym szczątkowe napięcie wskazane przez woltomierz maleje, to znaczy, że złe jest przyłączenie uzwojenia bocznikowego, należy druty idące do zacisków tego uzwojenia wymienić. Można zamiast tego odwrócić kierunek wirowania prądnicy.

Prąd magnesujący prądnic bocznikowych waha się w granicach od 1% do 7% znamionowego prądu twornika.

6. *Opór uzwojenia* bocznikowego jest duży, np. w prądnicach 220 V średniej mocy wynosi kilkaset omów.

W prądnicach szeregowych, przeciwnie, opór uzwojenia wzbudzającego jest mały.

Opór uzwojenia twornika jest zawsze mały, wynosi częścioma przy maszynach znacznej mocy.

7. W prądnicach przepisowo zbudowanych *napięcie normalne* może być utrzymane przy prądzie pobieranym zwiększonym w porównaniu z prądem znamionowym napisanym na tabliczce o 25%.

Prądnice specjalne do ładowania akumulatorów muszą być tak zbudowane, aby przy prądzie wynoszącym połowę prądu znamionowego akumulatorów mogły dawać napięcie znacznie podwyższone, a więc w sieciach 110-ciowoltowych — 165 V, a w sieciach 220-towoltowych — 330 V.

Napięcie tak duże potrzebne jest dlatego, że akumulator ładuje się aż do uzyskania siły elektromotorycznej znacznie większej, niż przeciętna siła elektromotoryczna podczas pracy akumulatora, a napięcie prądnicy, ładującej akumulator, *większe* być musi od siły elektromotorycznej akumulatora o spadek napięcia przy przepływie prądu wewnątrz akumulatora. (Patrz §§ 55 — 57).

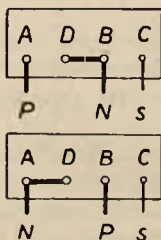
8. *Wzrost napięcia* przy odciążeniu prądnic samowzbudnych bocznikowych i zachowaniu obrotów wynosi w prądnicach bez biegunów zwrotnych od 15 do 20%, w prądnicach z biegunami zwrotnymi od 10 do 15%, w prądnicach napędzanych turbinami parowymi od 8 do 12%.

Regulację napięcia w bardzo szerokich granicach osiągnąć można tylko, stosując do prądnic wzbudzenie obce.

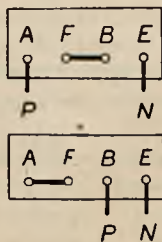
9. *Kierunek biegu.* Jeżeli przy montażu wypada zmienić bieg prądnicy na odwrotny względem tego, jaki był przewidziany przez fabrykę, to należy zarazem przełączyć oba końce odgałęzienia bocznikowego w bocznikowych, a bocznikowego oraz szeregowego w maszynach bocznikowo-szeregowych, natomiast zostawić przyłączenie do przewodów doprowadzających prąd do uzwojenia na biegunach zwrotnych.

Szczotki ustawione skośnie do powierzchni komutatora muszą być odwrócone. Przy odwróceniu kierunku wirowania zmienia się znak (+) na (—), a (—) na (+) na końcówkach prądnicy.

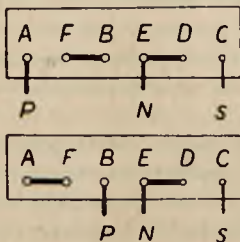
Na rysunkach 20, 21 i 22 podane jest, jak należy przełączać prądnice w razie zmiany kierunku biegu maszyny.



Rys. 20. Przełączanie prądnicy bocznikowej.



Rys. 21. Przełączanie prądnicy szeregowej.

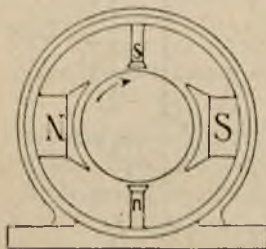


Rys. 22. Przełączanie prądnicy szeregowo-bocznikowej.

10. *Obciążenie prądnic*, czyli pobór prądu z prądnic zbudowanych przepisowo może trwać dowolnie długo, gdy nie przewyższa liczby podanej na tabliczce znamionowej. W ciągu 15 sekund prądnica taka może wytrzymać bez uszkodzenia prąd półtora raza silniejszy od znamionowego. Np. jeżeli prąd znamionowy prądnicy wynosi 100 A, to w ciągu 15 sekund można brać 150 A. W każdym razie temperatura maszyny w żadnym miejscu nie może być wyższa od temperatury otaczającego powietrza więcej niż o 60⁰, a w łożyskach nawet o 45⁰. Szczegóły dotyczące dopuszczalnego grzania się prądnicy są podane w Przepisach oceny i badania maszyn elektrycznych wydanych przez Stowarzyszenie Elektryków Polskich.

11. *Szczotki i komutator*. Komutator musi być zawsze czysty i jak najdokładniej cylindryczny, szczotki dotarte. W tych warunkach na szczotkach nie powinno być widocznych iskier przy wszelkich obciążeniach od biegu jałowego do obciążenia znamionowego. Jeżeli maszyna jest zbudowana przepisowo, to położenia szczotek w maszynach bez biegunów zwrotnych nie zmienia się w granicach obciążeń od ¼ do pełnego obciążenia znamionowego; przy innych obciążeniach położenie szczotek może być zmienione, aby osiągnąć bieg beziskrowy. Gdy obciążenie wzrasta, należy przesuwac szczotki w kierunku wirowania prądnicy.

W maszynach z biegunami zwrotnymi dobrze wykonanymi i starannie ustawionymi szczotkami, położenie szczotek *pozostaje niezmiennie* dla całego zakresu obciążeń przy zachowaniu podanego przez wytwórnię kierunku obrotów.

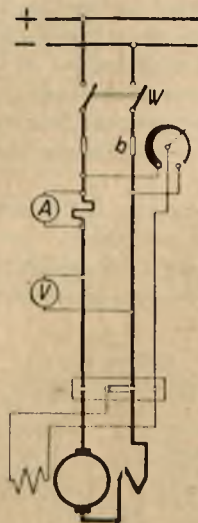


Rys. 23. Kolejność znaku biegunów zwrotnych w prądnicy.

Pamiętać należy, że znak biegunów zwrotnych musi być odwrotny do znaku poprzedzającego bieguna głównego według kierunku wirowania twornika, p. rys. 23.

Na bieg beziskrowy, czyli tak zwaną dobrą komutację, ma wielki wpływ gatunek szczotek i gęstość prądu pod szczotkami. Przy zmianie szczotek zużytych należy dbać o to, aby gatunek szczotek i wymiary były zachowane. Gęstość prądu: na szczotkach metalowych od 15 do 40 A na cm^2 powierzchni styku szczotki z komutatorem. Na szczotkach węglowych od 4 do 10 A na cm^2 powierzchni styku szczotek z komutatorem.

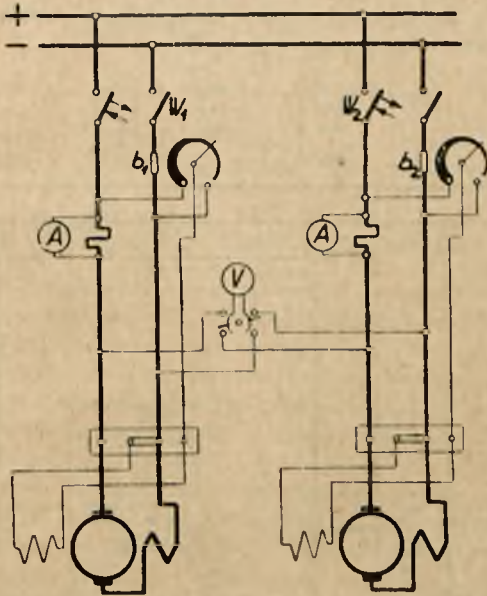
12. Łączenie prądnic z tablicą rozdzielczą. Na rys. 24 mamy podany układ połączeń pojedynczej prądnicy prądu stałego z szynami zbiorczymi, opornikiem regulującym napięcie, bezpiecznikami topliwymi *b*, dwubiegunowym wyłącznikiem *W*, amperomierzem *A* i woltmierzem *V*.



Rys. 24.

Prądnica bocznikowa z biegunami zwrotnymi włączona na szynę zbiorczą.

Na rys. 25 podany jest układ równoległego połączenia dwóch prądnic bocznikowych. Prąd płynie z maszyn do dwu szyn zbiorczych dodatniej (+) i ujemnej (—), a dalej do sieci. Na jednym biegunie każdej maszyny włączone są bezpieczniki b_1 , b_2 , a na drugim wyłączniki samoczynne zanikowo-nadmiarowe W_2 . Wyłącznik W_1 jest zwykły dźwawkowy. Wyłącznik samoczynny zanikowy wyłącza, gdy prąd nadmiernie zmaleje i w ten sposób zabezpiecza od odwrócenia się prądu w prądnicy.



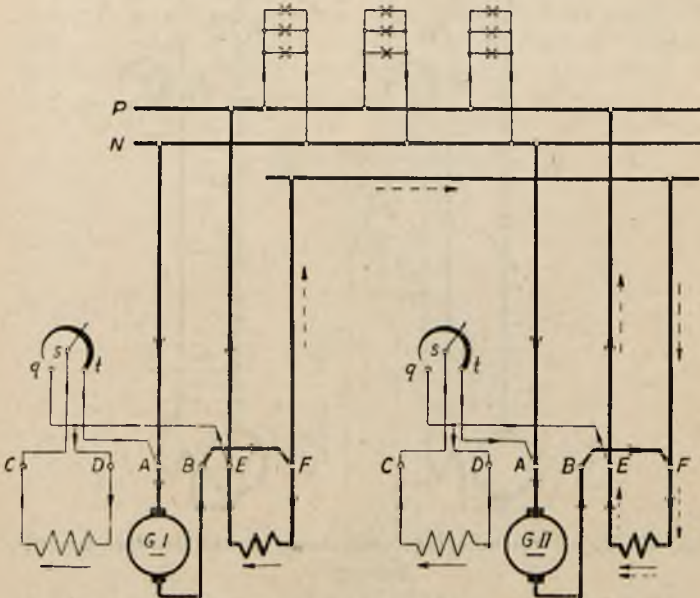
Rys. 25. Układ równoległego połączenia dwóch prądnic bocznikowych.

W jednym z przewodów każdej maszyny włączony jest amperomierz, woltomierz natomiast jest wspólny z przełącznikiem, za pomocą którego można przyłączyć go do I-ej lub II-giej maszyny.

Chcąc przyłączyć równoległe prądnice II-gą do I-ej, należy przede wszystkim wzbudzić ją w ten sposób, aby otrzymać na

niej napięcie troszkę wyższe od napięcia na maszynie I-ej i dopiero wtedy zamknąć wyłączniki.

Rozdział obciążenia odpowiedni do wielkości maszyn osiąga się za pomocą nastawienia rączek oporników bocznikowych. Chcąc odłączyć prądnicę II-gą od sieci, należy przede wszystkim, przesuwać rączki oporników bocznikowych, zwiększyć wzbudzenie prądnicy I-szej i zmniejszyć wzbudzenie prądnicy II-giej do tego stopnia, aby prąd prądnicy II-giej zmniejszył się niemal do zera, wtedy jej wyłącznik samoczynny wypadnie i przerwie połączenie, po czym otwieramy wyłącznik na drugim biegunie i przerywamy wzbudzenie.

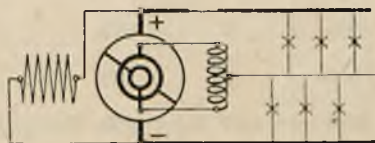


Rys. 26. Schemat równoległego połączenia prądnic szeregowo-bocznikowych.

Układ równoległego połączenia prądnic szeregowo-bocznikowych różni się od poprzedniego tylko przewodem wyrów-

nawczym, łączącym te szczotki prądnicy, do których są przyłączone uzwojenia szeregowo magnesu. Wyłącznik na tym przewodzie należy zamykać przede wszystkim przy przyłączeniu jednej maszyny do drugiej, p. rys. 26.

Na rys. 27 mamy układ połączeń dla prądnicy z dzielnikiem napięcia do przyłączenia do sieci trójprzewodowej.



Rys. 27.

Prądnica bocznikowa z dzielnikiem napięcia.

§ 17. PRĄDNICE PRĄDU ZMIENNEGO.

1. Do zasilania sieci oświetleniowych, służących jednocześnie do przenoszenia siły, stosujemy prądnice trójfazowe, dostarczające prąd o 50 okresach na sekundę.

Do zasilania sieci kolejowych, których lokomotywy mają silniki na prąd zmienny, stosuje się zwykle prądnice prądu jednofazowego, dostarczające prąd o częstotliwości $16\frac{2}{3}$ okresów na sekundę.

2. *Obroty.* Szybkość wirowania prądnic prądu zmiennego jest zależna od liczby biegunów magnesu i częstotliwości dostarczanego prądu. Jeżeli przez n oznaczymy liczbę obrotów na minutę prądnicy, przez p — liczbę par biegunów, a przez f — częstotliwość prądu, tj. liczbę jego okresów na sekundę, to:

$$n = \frac{60 \cdot f}{p}$$

Przykład. $f = 50$ okresów na sekundę, $p = 2$, wówczas:

$$n = \frac{60 \times 50}{2} = 1500 \text{ obr/min.}$$

W związku z tym wzorem stosowane są następujące liczby obrotów na minutę prądnic.

Liczba par bieg.	Liczba obrotów na minutę	Liczba par bieg.	Liczba obrotów na minutę	Liczba par bieg.	Liczba obrotów na minutę
1	3000	8	376	20	150
2	1500	10	300	24	125
3	1000	12	250	28	107
4	750	14	214	32	94
5	600	16	188	36	83
6	500	18	167	40	75

3. W prądnicach trójfazowych stosuje się układ w gwiazdę lub trójkąt.

4. *Napięcie* prądnic prądu zmiennego trójfazowego bywa zwykle następujące: 130, 230, 400, 525, 3150, 5250, 6300, 10500, 15750 V.

Najczęściej stosowane napięcie wynosi 5250 i 6300 V.

5. *Obliczenie mocy silnika napędowego prądnicy prądu trójfazowego.* Jeżeli przez N oznaczymy moc silnika w koniach mechanicznych, przez U napięcie międzyprzewodowe w woltach, przez J prąd przewodowy w amperach, przez $\cos \varphi$ współczynnik mocy, a przez η sprawność prądnicy, to:

$$N = \frac{1,73 U J \cos \varphi}{735 \cdot \eta}$$

Jeżeli przez P oznaczymy moc pozorną prądnicy w kilowoltoamperach, przez $\cos \varphi$ współczynnik mocy, a przez η sprawność prądnicy, to:

$$N = \frac{P \cdot 1000 \cdot \cos \varphi}{735 \cdot \eta}$$

Jeżeli prądnica jest napędzana przez przekładnię, to należy uwzględnić sprawność przekładni (η_p), dzieląc przez nią powyższy wyraz. Wówczas:

$$N = \frac{1,73 \cdot U J \cos \varphi}{735 \cdot \eta \cdot \eta_p}$$

lub

$$N = \frac{P \cdot 1000 \cdot \cos \varphi}{735 \cdot \eta \cdot \eta_p}$$

Sprawność prądnic w procentach.

Moc w kVA	Obrotów na minutę			
	500	250	150	125
50	91	—	—	—
100	91	90,5	89	88,5
250	93	93	92	91
500	94	94	93	93
1000	95	95	94,5	94,5

Przykład. Na tabliczce znamionowej prądnicy trójfazowej mamy napięcie 6300 V, prąd 100 A i moc pozorną 1090 kVA, $\cos \varphi = 0,8$, a $\eta = 0,94$, to:

$$N = \frac{1,73 \cdot 6300 \cdot 100 \cdot 0,8}{735 \cdot 0,94} = 1260 \text{ koni mechan. (KM)}$$

albo

$$N = \frac{1090 \cdot 1000 \cdot 0,8}{735 \cdot 0,94} = 1260 \text{ KM}$$

6. *Wzbudzanie prądnic.* Wzbudzanie prądnic prądu zmiennego odbywa się za pomocą prądu stałego, czerpanego zwykle z tak zwanej wzbudnicy, tj. prądnicy osadzonej na wale prądnicy prądu zmiennego. Układ połączeń wskazany jest na rys. 28; opornik pozwala regulować natężenie prądu wzbudzającego prądnicę prądu stałego. Włączanie opornika w obwód wzbudzania prądnicy prądu zmiennego jest niekorzystne, bo wywołuje znaczne straty energii.

7. *Obciążenie prądnicy* powoduje zmniejszenie napięcia. Im większe obciążenie, tym mniejsze napięcie. Naogół to zmniejszanie się napięcia nie jest bardzo duże. Zależy ono od wielkości współczynnika mocy ($\cos \varphi$). Im mniejszy jest ten współczynnik, tym bardziej zmniejsza się napięcie przy wzroście obciążenia.

Zmienność napięcia w prądnicach prądu zmiennego wyraża się zwykłą napięciem, która zachodzi przy odciążeniu prądnicy obciążonej normalnie bez zmiany obrotów i oporu w obwodzie wzbudzającym.

Jeżeli obciążenie normalne było przy $\cos \varphi = 1$, to zwykła napięcia przy odciążeniu wynosi dla trójfazowych i jednofazowych prądnic o częstotliwości $f = 50$:

- | | |
|---|-------------|
| a) Małe szybkobieżne | od 9 do 10% |
| b) Wolnobieżne | — 10 — 12% |
| c) Wielkie szybkobieżne | — 15 — 18% |
| d) Turboprądnice $n = 1000$ do 3000 obr.
na min. | — 20 — 30% |

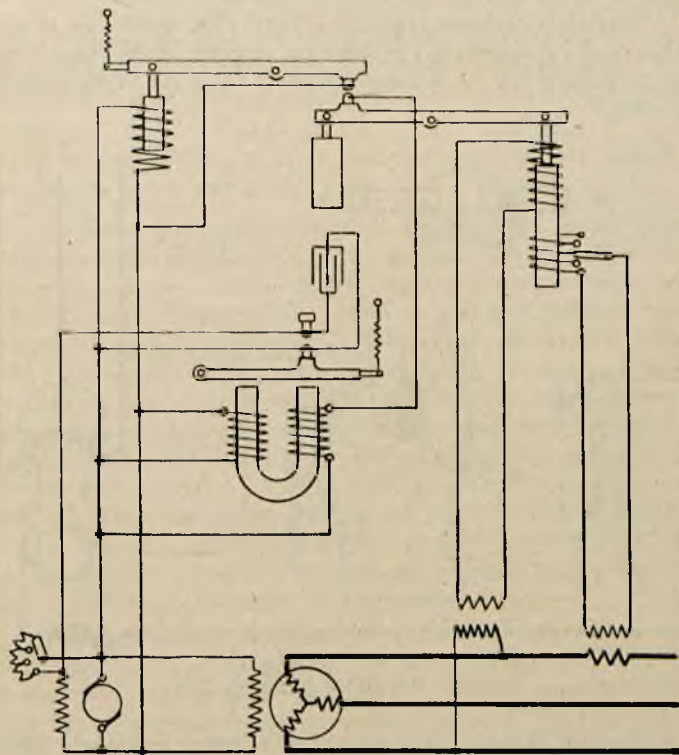
Jeżeli obciążenie normalne było przy $\cos \varphi = 0,8$, to zwykła napięcia przy odciążeniu wynosi:

- a) 20—25%, b) 25—28%, c) 30—35%, d) 35—50%.

Przykład. Prądnica mała szybkobieżna ma normalne napięcie 220 V, to znaczy napięcie przy pełnym obciążeniu. Zdjęcie obciążenia powoduje wzrost napięcia o 10%. Napięcie biegu luzem wyniesie w takim razie:

$$220 + \frac{220 \times 10}{100} = 220 + 22 = 242 \text{ V}$$

Regulacja napięcia. Utrzymanie odpowiedniego napięcia przy zmiennym obciążeniu odbywa się w prądnicach prądu zmiennego za pomocą regulatorów samoczynnych odpowiednio zmniejszających opory w boczniku wzbudnicy. Najczęściej są używane regulatory Tirrilla i BBC.

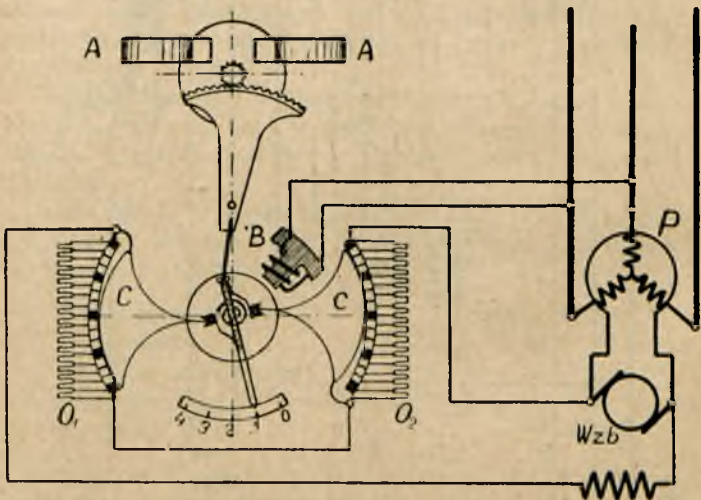


Rys. 28. Regulator napięcia Tirrilla.

Na rys. 28 podany jest zasadniczy układ połączeń regulatora Tirrilla. Kontakty kotwicy środkowego elektromagnesu różnicowego zwierają opornik w bocznicy wzbudnicy, zwiększając

napięcie prądnicy trójfazowej. Działanie tego elektromagnesu zależy od styku kontaktów drugiego elektromagnesu, który jest połączony z napięciowym i prądowym transformatorami włączonymi do sieci trójfazowej. Drażek tego elektromagnesu jest zaopatrzony po lewej stronie w tłumik z tłoczkiem poruszającym się w walcowym naczyniu wypełnionym olejem.

Kontakty ruchome regulatora Tirrilla zazwyczaj są w ciągłym ruchu i zamykają i przerywają obwody około kilkuset razy na minutę, tak, że napięcie prądnicy waha się około średniej wartości.



Rys. 29. Regulator napięcia BBC.

Na rys. 29 widzimy uproszczony schemat regulatora BBC; tutaj metalowe wycinki C, C zwierają mniejszą lub większą część opornika w bocznikowym obwodzie wzbudnicy, ruch tych wycinków odbywa się skutkiem oddziaływania elektromagnesu B, zasilanego prądem od napięcia prądnicy, na metalowy krążek, który pod jego wpływem obraca się wskutek prądów wirowych w nim powstających. Stałe magnesy A, oddziałującej na inny

krażek, hamują gwałtowne ruchy wycinków C. Tu również bywa stosowany inny elektromagnes, zasilany prądem proporcjonalnym do obciążenia prądnicy, tj. do jej prądu. Ten drugi elektromagnes (nie pokazany na rys.) służy do wywołania podwyższenia napięcia w razie wzrostu prądu w sieci.

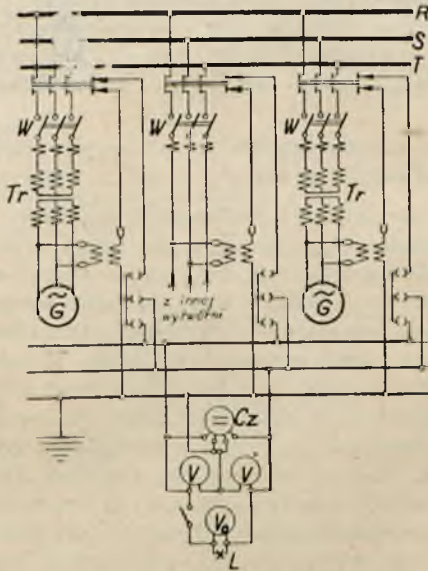
8. *Kierunek biegu.* Zmiana kierunku obrotów prądnicy trójfazowej wywołuje odwrotny bieg silników pobierających z niej prąd. Chcąc przywrócić silnikom poprzedni kierunek biegu, wystarczy wymienić miejsca przyłączenia dwóch dowolnych przewodów.

Kierunek obrotów prądnic jednofazowych nie ma żadnego wpływu na odbiorniki prądu.

9. *Łączenie prądnic trójfazowych z tablicą rozdzielczą.* Prądnicę trójfazową przyłącza się do trzech szyn przez bezpieczniki topliwe i wyłącznik trójbiegunowy, przy wysokim napięciu zamiast bezpieczników służy do zabezpieczenia od nadmiernego prądu samoczynny wyłącznik nadmiarowy w oleju, który zastępuje zwykły wyłącznik drążkowy. W jednym z przewodów dajemy amperomierz i watomierz oraz między dwoma dowolnymi przewodami woltomierz. Jeżeli obawiamy się nierównomiernego obciążenia faz, dajemy na każdym przewodzie po amperomierzu. Przy niskim napięciu włączamy przyrządy pomiarowe bezpośrednio, przy napięciach zaś wysokich, za pomocą transformatorów miernikowych. Transformatory miernikowe prądowe stosuje się również wtedy, gdy napięcie wprawdzie nie jest wysokie, ale natężenie prądu wielkie.

Kilka prądnic ustawionych w elektrowni łączy się z szynami rozdzielczymi równolegle, jak wskazuje rys. 30. Na szczególną uwagę zasługuje tu urządzenie synchronizacyjne, składające się z przełączników, woltomierza zerowego V_0 i lampki L, woltomierzy VV, oraz podwójnego częstościomierza Cz. Jeżeli mamy prądnicę II-gą przyłączyć równolegle do prądnicy I-ej, znajdującej się w biegu, to za pomocą przełącznika przyłączamy urządzenie synchronizacyjne do prądnicy II-giej i regulujemy bieg prądnicy II-giej tak, aby częstościomierz wskazywał jednakową częstotliwość prądu na obu prądnicach i aby lampa L zgasła, a woltomierz V_0 — wskazał zero napięcia, wzbudzaniem

zaś prądnicy II-giej nastawiamy jej napięcie wskazane przez woltomierz V tak, aby było równe napięciu na drugiej prądnicy. Gdy to osiągniemy, zamykamy przerywacz, łączący prądnice II-gą z szynami. Tu lampka i woltomierz V_0 wskazują uzgodnie-



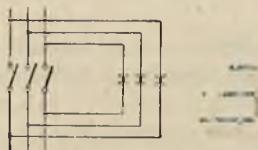
Rys. 30.

Równoległe połączenie dwóch prądnic trójfazowych z szynami zbiorczymi przez transformatory.

nie częstotliwości i faz napięcia obu prądnic, wtedy w każdej chwili napięcia na obu prądnicach są jednakowe, w obwodzie lampki L napięcia te są sobie przeciwne, a więc znoszą się i prądu nie dają.

Inny sposób połączenia lampek synchronizacyjnych wskazany jest na rys. 31, takie lampki wskazują zgodność odpowiednich faz, gdy są wszystkie ciemne. Jeżeli dwa druty w układzie tych lampek *skrzyżować*, zmieniając ich miejsca przyłącze-

nia, to światło lamp kołuje i, gdy lampka niekrzyżowana będzie ciemna, a dwie inne jasne, można wyłącznik zamknąć.



Rys. 31. Sposób połączenia lampek synchronizacyjnych.

Aby w ogóle była możliwa taka synchronizacja prądnic prądu trójfazowego, muszą być odpowiednio przyłączone przewody prądnic. Dla osiągnięcia właściwego połączenia wykonywamy następującą próbę. Przewody prądnic przyłączamy w dowolnej kolejności, następnie pomiędzy zaciski jednego z przerwywaczy, jak na rys. 31, włączamy lampki (przy wysokim napięciu przez transformatoruki napięciowe). Jeżeli przyłączenie przewodów jest dobre, to, po zamknięciu przerwywacza drugiej prądnicy i wzbudzeniu obu prądnic, lampki, przy uzgodnieniu szybkości wirowania prądnic, lecz pewnej różnicy faz, wszystkie będą jednakowo świecić. Gdyby przyłączenia wypadły niedobrze, to światło lamp kołowało by po tych trzech lampkach, one rozświetlały by się i ciemniały kolejno. W celu poprawienia niezgodnego przyłączenia należy miejsca przyłączenia dowolnych dwóch z trzech przewodów jednej z prądnic wymienić; po tej wymianie łatwo można przekonać się, że lampki będą świeciły jednakowo, a połączenia są uzgodnione.

Prądnice prądu jednofazowego zawsze dadzą się zsynchronizować niezależnie od tego, w jakim porządku przyłączyć przewody maszyn.

10. *Przenoszenie obciążenia z jednej prądnicy trójfazowej na drugą po połączeniu ich równoległym nie może być uskutecznione za pomocą regulacji wzbudzenia. Chcąc zwiększyć obciążenie prądnicy II-giej i zmniejszyć obciążenie prądnicy I-ej, przedstawiamy odpowiednio regulatory silników napędzających te prądnice tak, aby zwiększyć dopływ pary, albo paliwa do sil-*

nika napędowego prądnicy II-giej i zmniejszyć dopływ pary albo paliwa do silnika napędowego prądnicy I-ej.

Przenoszenie się obciążenia obserwujemy na watomierzach i podług wskazań watomierzy ustawiamy regulatory silników napędowych.

Rączkami oporników regulujących wzbudzanie prądnic doprowadzamy do najmniejszości (minimum) natężenie prądu prądnic; gdy taki najmniejszy prąd osiągniemy, to suma arytmetyczna prądów dostarczanych przez poszczególne prądnice będzie równa prądowi płynącemu do odbiorników z elektrowni.

11. *Kołysanie się biegu prądnic.* Prądnice pracują równolegle dobrze, gdy bieg ich jest zawsze zupełnie zgodny, widać to najlepiej na watomierzach, gdyż każde zakłócenie biegu wywołuje wahania wskazówek na watomierzach. Przyczyny tych wahań, a więc kołysania się biegu prądnic należy szukać w regulatorach prądnic napędowych, regulatory te muszą być do siebie bardzo dokładnie dopasowane i w razie potrzeby zaopatrzone w odpowiednie tłumiki wahań czyli katarakty.

12. *Odłączanie prądnicy* pracującej równolegle z innymi odbywa się w sposób następujący:

a) przestawiamy regulator silnika napędowego prądnicy odłączanej, aby zmniejszyć dopływ pary albo paliwa, jednocześnie przestawiamy regulatory silników napędowych prądnic pozostających w biegu tak, aby dopływ pary albo paliwa zwiększył się, zwracając uwagę na częstościomierz, aby wskazywał zawsze właściwą częstotliwość, w ten sposób osiągniemy wskazanie na watomierzu odłączanej prądnicy równe zeru;

b) przestawiamy rączkę opornika w obwodzie wzbudzenia odłączonej prądnicy, w ten sposób, aby prąd tej prądnicy sprowadzić do zera;

c) otwieramy przerywacz odłączający prądnice od szyn zbiorczych i znosimy wzbudzenie;

d) zatrzymujemy silnik napędowy.

§ 18. SILNIKI ELEKTRYCZNE PRĄDU STAŁEGO.

1. *Własności ogólne.* Każda zwykła prądnica prądu stałego może pracować jako silnik i odwrotnie. Natężenie prądu pobranego przez maszynę, pracującą jako silnik, może być ta-

kie samo, jak prądu oddanego przez maszynę, pracującą jako prądnica.

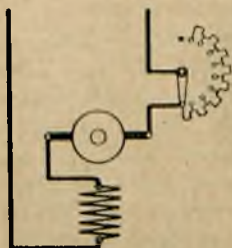
Maszyna zbudowana jako prądnica, a użyta jako silnik, obracać się będzie z szybkością mniejwięcej o 15% mniejszą od znamionowej szybkości biegu prądnicy

Maszyna zbudowana jako silnik, a użyta jako prądnica, musi być obracana z szybkością od 15 do 20% większą, aby dała znamionowe napięcie.

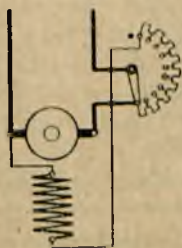
2. *Napięcie* prądu stosowanego do zasilania silników prądu stałego zwykle wynosi 110, 220 lub 440 V, tylko w okolicznościach wyjątkowych bywają używane silniki na mniejsze napięcia, a w tramwajach i na kolejach na wyższe napięcia. Prąd zasilający silniki tramwajowe ma napięcie od 500—650 V, na kolejach od 750 do 1650 V, wyjątkowo 2500 V na każdym silniku.

3. *Sila obrotowa* silnika elektrycznego jest tym większa, im mocniej jest namagnesowana magneśnica i im silniejszy prąd płynie w tworniku. Szybkość biegu zależna jest od napięcia prądu zasilającego silnik. Wpływ napięcia jest różny zależnie od układu połączeń silnika. Rozróżniamy silniki:

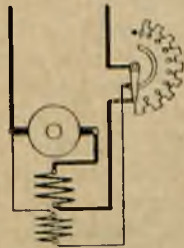
1. Szeregowe inaczej głównikowe, p. rys. 32,
2. bocznikowe, p. rys. 33,
3. szeregowo-bocznikowe, p. rys. 34.



Rys. 32.



Rys. 33.



Rys. 34

Układy połączeń silników z rozrusznikami. Na rys. 34 kontakt pierwszy opornika jest połączony z szyną łukową.

Prąd rozruchowy silników. Tylko małe silniki (do 0,4 kW) mogą być puszczone w ruch bez oporników rozruchowych czyli rozruszników. Przy silnikach do 1 kW, jeżeli trudno jest zastosować rozrusznik regulowany, to można włączyć stały niewielki opór przed twornikiem, godząc się na zmniejszenie sprawności, skutkiem stałych strat w tym oporniku.

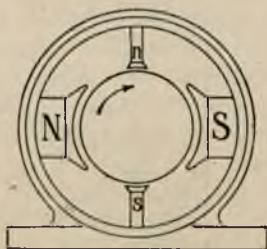
Pomimo stosowania oporników rozruchowych *podskok* prądu przy ruszaniu jest znaczny. W pierwszej chwili rozruchu zapotrzebowanie prądu zwykle wynosi:

w silnikach szeregowych do 2,5-krotnej,

w bocznikowych do 1,8-krotnej,

w szeregowo-bocznikowych do 2-krotnej wartości prądu znamionowego przy pełnym obciążeniu.

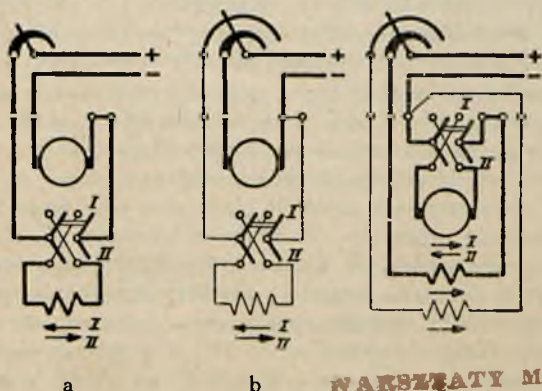
4. *Komutator i szczotki.* Warunki dobrego działania komutatora i szczotek są takie same jak w prądnicach, odmienny jest tylko kierunek przesuwania szczotek dla uniknięcia iskrzenia przy obciążeniu silnika, a mianowicie w miarę wzrostu obciążenia trzeba szczotki przesuwać w kierunku odwrotnym do kierunku wirowania twornika. W silnikach nowoczesnych przesuwanie szczotek jest zwykle zbyteczne, szczególnie w silnikach z biegunami zwrotnymi. Kolejność znaku biegunów zwrotnych jest tu odmienna. Biegun komutacyjny ma znak ten sam, co biegun główny poprzedzający według ruchu twornika, p. rys. 35.



Rys. 35. Kolejność znaku biegunów zwrotnych w silniku.

5. *Zmiana kierunku biegu* odbywa się przez zmianę kierunku prądu w tworniku przy zachowaniu kierunku prądu w uzwojeniu magnesu, lub też przez zmianę kierunku prądu

w magniesnicy przy zachowaniu kierunku prądu w tworniku; kierunek prądu w uzwojeniu biegunów zwrotnych musi ulegać tym samym zmianom, co prąd w tworniku, p. rys. 36.



Rys. 36.

Schematy zmiany kierunku biegu:

- a) w silniku szeregowym,
- b) w silniku bocznikowym,
- c) w silniku szeregowo-bocznikowym.

6. *Własności silników szeregowych.* Silniki szeregowe mają układ połączeń wskazany na rys. 32. Siła rozruchowa jest duża i niezależna od napięcia sieci; używane są w dźwigach i kolejnictwie. Przy wzroście obciążenia znacznie spadają obroty, natomiast przy odciążeniu znacznie wzrastają, tak że w biegu luzem silnik może ulec uszkodzeniu, wskutek nadmiernej szybkości biegu, za wyjątkiem bardzo małych silników. Zmiana szybkości biegu przy stałym obciążeniu czyli tak zwana regulacja biegu odbywa się przez zmianę położenia korbki opornika szeregowego, który jednocześnie służy jako rozruchowy, za pomocą opornika włączonego równoległe do obwodu uzwojenia magniesnicy i za pomocą podziału uzwojenia magniesnicy, której części łączy się między sobą w szereg lub równoległe.

7. *Własności silników bocznikowych.* Silniki bocznikowe mają układ połączeń wskazany na rys. 33. Siła rozruchowa jest zwykle mniejsza, niż w silnikach szeregowych; przy rozruchu należy baczyć, aby był jak najsilniejszy prąd w uzwojeniu magnesnicy, należy więc włączać te uzwojenia tak, aby brały prąd z sieci, *pomijając* opornik rozruchowy; jeżeli w obwodzie uzwojenia magnesnicy jest włączony opornik regulacyjny, to należy jego korbkę postawić w ten sposób, aby opór jego w obwodzie był sprowadzony do zera. Przy zmniejszaniu napięcia w sieci znacznie spada siła rozruchowa. Przy braku wszelkiego obciążenia czyli przy biegu luzem, silnik bocznikowy obraca się z szybkością przewyższającą szybkość biegu przy obciążeniu zaledwie o kilkanaście procentów. W miarę zwiększania się obciążenia obroty trochę maleją. W silniku, który dłuższy czas jest w ruchu, obroty z czasem wzrastają skutkiem ogrzewania się uzwojenia magnesnicy, którego opór wzrasta; ten wzrost obrotów w dużych silnikach wynosi około 5%, a w małych około 10%. Zmiana napięcia sieci ma taki wpływ na obroty silnika, że w miarę wzrostu napięcia obroty rosną. Przy niewielkich zmianach napięcia można osiągnąć równy bieg, jeżeli zastosować silnik z niewielką gęstością linii magnetycznych w magnesnicy, wtedy strumień magnetyczny zmienia się wraz z napięciem i to powoduje stałość obrotów.

Silniki bocznikowe stosuje się głównie do wszelkiego rodzaju obrabiarek.

Zmiana szybkości wirowania przy stałym obciążeniu odbywa się:

- a) przez zmianę oporu opornika w obwodzie twornika; im opór większy, tym mniejsza szybkość; duże straty w tym oporniku;
- b) przez zmianę oporu opornika w obwodzie magnesnicy; im opór większy, tym większa szybkość; małe straty w oporniku;
- c) przez zmianę napięcia prądu zasilającego twornik; tu stosuje się dwa źródła prądu, jedno dla twornika, drugie dla uzwojenia magnesnicy. Np. z sieci zasilamy

uzwojenie magneśnicy, a twornik z przetwornicy, która jest obracana prądem sieci.

Są oporniki regulujące z oporem w tworniku i z oporem w magneśnicy. W ten sposób prędkość biegu specjalnych silników może być zwiększona w czwórnasób. Najszerze granice regulacji w sposób możliwie ciągły można osiągnąć sposobem (c).

Przy wszystkich opornikach rozruchowych i regulacyjnych należy zwracać uwagę, aby istniał zawsze w silnikach bocznikowych *zamknięty* obwód, składający się z twornika, magneśnicy i opornika dla uniknięcia dużych łuków przy wyłączaniu na ostatnim kontakcie.

8. *Własności silników szeregowo-bocznikowych.* Silniki te mają znaczniejszą siłę rozruchową, niż bocznikowe i przy obciążeniu mniej zwalniają bieg, niż szeregowo. Układ połączeń podany na rys. 34.

9. *Hamowanie.* Dźwigi, zórawie, tramwaje i pociągi kolejowe wymagają hamulców. Przy napędzie silnikami elektrycznymi łatwo zastosować *hamowanie elektryczne*, zmuszając silniki do pracy odwrotnej jako hamulców. Osiągnąć to można, zmieniając układ połączeń na taki, przy którym rozpędzony silnik zamieniłby się w prądnicę, wykonywającą pracę elektryczną kosztem energii ruchu.

W silniku bocznikowym zwykle zostawiamy połączenie z siecią uzwojenia magneśnicy, twornik zaś odłącza się od sieci i szczotki łączy się ze sobą przez opornik regulacyjny, wtedy maszyna pracuje jako prądnica obcowzbudna.

Silnik szeregowy zupełnie odłącza się od sieci i tworzy się obwód zamknięty przez opornik regulacyjny o niewielkim oporze, przy tym połączenie uzwojenia magneśnicy z twornikiem zmienia się w ten sposób, aby kierunek prądu w uzwojeniu magneśnicy zachować, wtedy silnik szeregowy w czasie hamowania pracuje, jako samowzbudna prądnica szeregowo.

Wszystkie wyżej opisane przełączenia najlepiej wykonywa się za pomocą nastawnika walcowego.

Silniki, obracane siłą bezwładności pociągów w ruchu po płaszczyźnie poziomej lub siłą ciężkości na spadku, mogą oddawać energię do sieci.

10. *Rozruszniki*. Oporniki rozruchowe bywają metalowe i płynowe.

Przy prądzie stałym oporników płynowych stosować *nie należy*, ze względu na szybkie zużywanie się blach elektrodowych i gazy tworzące mieszaninę wybuchową.

W metalowych rozrusznikach opory są utworzone z drutu, taśmy lub prętów; chłodzenie bywa różne:

- a) opornik z chłodzeniem powietrznym nie powinien mieć na osłonie nigdzie temperatury wyższej od 125°C , a powietrze gorące wychodzące z niego nie wyższą, jak 175°C ;
- b) oporniki w oleju nie powinny mieć temperatury w oleju pomiędzy drutami oporowymi wyższej od 80°C ;
- c) oporniki w piasku nie powinny mieć temperatury piasku pomiędzy drutami oporowymi wyższej od 150°C .

Odpowiednio do warunków pracy silników stosuje się rozruszniki różnej wielkości i budowy:

- a) rozruszniki do rozruchu przy *połowieniu obciążenia* pełnego silnika, zwykle dla prądu rozruchowego wynoszącego 0,75 prądu normalnego silnika;
- b) rozruszniki do rozruchu przy pełnym obciążeniu silnika, zwykle dla prądu rozruchowego wynoszącego 1,5 prądu normalnego silnika;
- c) rozruszniki dla rozruchu ciężkiego; zwykle na prąd rozruchowy 2 razy większy od normalnego.

Przy uruchomieniu silnika należy po zamknięciu wyłącznika *powoli* posuwać korbką rozrusznika, by silnik zdążył rozpedzić się przed przejściem na mniejszy stopień oporu, w przeciwnym razie następowalby nadmierny podskok prądu.

Przy zatrzymywaniu silnika, należy szybko cofnąć korbkę rozrusznika z ostatniego kontaktu na pierwszy i po tym otworzyć wyłącznik. W silnikach bocznikowych przy przesuwaniu korbki na kontakt postojowy silnik wyzbywa się prądu; w rozruszniku musi być zawsze zrobione takie połączenie, p. rys. 33 i 34, że przy postojowym położeniu korbki pozostaje zwarty obwód, składający się ze zwojów twornika, magneśnicy i oporu rozruchowego; zapewnia to powolne zanikanie prądu w magneśnicy, gdzie przy szybkim przerywaniu prądu powstawałaby znaczna i niebezpieczna siła elektromotoryczna samoindukcji. Gdy silnik sam się zatrzyma, wskutek niespodziewanej przerwy prądu, to maszynista powinien niezwłocznie odłączyć silnik od sieci i cofnąć korbkę rozrusznika na kontakt postojowy. Z chwilą bowiem powrotu prądu, silnik uruchomiłby się bez rozrusznika i mógłby być uszkodzony.

Są rozruszniki, w których zapobiega się takim wypadkom przez zaopatrzenie korbki w sprężynę odciągającą ją do położenia postoju i elektromagnes zasilany prądem magneśnicy przytrzymujący korbkę w położeniu biegu. W razie przerwy prądu korbka cofa się samoczynnie do położenia postoju. Tego rodzaju urządzenie zabezpiecza silnik również od rozbiegania się i nadmiernego prądu w razie przerwy w obwodzie uzwojenia magneśnicy.

11. *Oporniki regulacyjne.* Te oporniki są przystosowane do ciągłego przepływu prądu; temperatury graniczne te same, co podane przy opornikach rozruchowych. Oporniki rozruchowe *nie mogą być* stosowane jako regulacyjne dla tych samych prądów, bo nie znoszą ciągłego obciążenia.

12. *Materiałem do budowy oporników metalowych jest taśma albo drut oporowy.*

Druty o oporności właściwej około $0,475 \Omega$ na m i mm^2 można obciążać rozpięte i wyprostowane w powietrzu według poniższej tablicy. Obciążenie I dla nagrzania do 100° i II dla nagrzania do 450° . Druty zwinięte w spirale można obciążać od $\frac{2}{3}$ do $\frac{3}{4}$ podanych wyżej wartości zależnie od warunków chłodzenia.

Średnica drutu w mm.	Oporność 1 m w Ω	Obciążenie I (100 ⁰) A	Obciążenie II (450 ⁰) A
0,2	15,1	0,34	1,6
0,3	6,77	0,60	2,8
0,4	3,77	0,88	3,9
0,5	2,42	1,2	5,0
0,6	1,68	1,55	6,1
0,8	0,944	2,4	8,6
1,0	0,605	3,4	11
1,25	0,386	4,8	15
1,5	0,268	6,4	18
1,75	0,198	7,9	22
2,0	0,161	9,5	27
2,5	0,0967	13,2	36
3,0	0,0672	17,7	46
3,5	0,0494	22,4	57
4,0	0,0377	27,4	70
4,5	0,0299	32,6	84
5,0	0,0242	38,2	99

Tablica dopuszczalnego obciążenia taśmy nikielinowej grubości 0,3 mm.

Szerokość mm	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Prąd A	40	60	80	90	120	150	160	170	180

13. *Obliczanie prądu pobieranego przez silnik prądu stałego.* Jeżeli przez N oznaczymy moc silnika w koniach mechanicznych, przez U napięcie w woltach, przez J natężenie prądu w amperach, a przez η — sprawność silnika, to:

$$J = \frac{N \cdot 735}{U \cdot \eta} \text{ amperów.}$$

Przykład. $N = 15 \text{ KM}$, $U = 110 \text{ V}$, $\eta = 0,86$.

$$J = \frac{15 \cdot 735}{110 \cdot 0,86} = 116 \text{ A}$$

Zestawienie najczęściej używanych silników podajemy w tablicy na str. 56 (według norm DIN—VDE 2000).

§ 19. SILNIKI ASYNCHRONICZNE TRÓJFAZOWE.

1. *Własności ogólne.* Prąd z sieci doprowadza się tylko do stojana, w wirniku powstaje prąd indukowany polem wirującym.

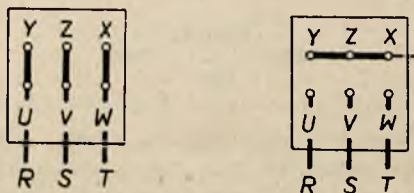
Przy *biegu luzem* silnik zachowuje się, jak transformator nieobciążony, ze znaczną jednak szczeliną powietrzną pomiędzy wirnikiem i stojanem, skutkiem czego pobiera z sieci bez obciążenia prąd o natężeniu wynoszącym 20 do 60% prądu znamionowego, odpowiadającego normalnemu obciążeniu. Dla dużych silników % ten jest mniejszy, a dla małych większy. $\cos \varphi$ prądu przy *biegu luzem* wynosi od 0,1 do 0,25.

Napięcie prądu — 127/220 V i 220/380 V.

Napięcie		Połączenie zacisków
127 V	trójkąt	
220 V	gwiazda	
220 V	trójkąt	
380 V	gwiazda	

Liczba obrotów na minutę	Moc oddana w kW	Sprawność w %
1400 do 2800	0,125 do 0,25	64 do 68
910 „ 2800	0,125 „ 0,4	59 „ 70
920 „ 2800	0,2 „ 0,7	62 „ 73
920 „ 2800	0,3 „ 1	65 „ 75
930 „ 2825	0,5 „ 1,5	68 „ 77
930 „ 2825	0,7 „ 2,2	70 „ 78
935 „ 2825	1 „ 3	72 „ 80
935 „ 2850	1,4 „ 4	74 „ 81
940 „ 2850	1,8 „ 5,5	75 „ 82
940 „ 2000	2,4 „ 5,5	77 „ 82,5
950 „ 2000	3,3 „ 7,5	78 „ 83,5
950 „ 1440	7 „ 11	81,5 „ 84
460 „ 1440	4,5 „ 17	75,5 „ 85,5
460 „ 1450	6 „ 23	77,5 „ 86,5
460 „ 1450	8,5 „ 32	79,5 „ 87,5
465 „ 1460	12 „ 45	81 „ 88
470 „ 1460	17 „ 64	82,5 „ 88,5
470 „ 1170	22 „ 64	83,5 „ 89
470 „ 1170	30 „ 80	85 „ 89,5
475 „ 1170	40 „ 100	86 „ 90
475 „ 975	50 „ 100	87 „ 90,5
475 „ 975	64 „ 125	87,5 „ 91

Odpowiednie tabliczki zaciskowe podane są na rys. 37.



Rys. 37.

Tabliczki zaciskowe silników asynchronicznych.

Poza tym zwykle — 1000, 3000, 6000 V.

2. *Siła rozruchowa* tych silników jest mniejsza, niż w odpowiednich silnikach szeregowych prądu stałego; zależy ona w znacznym stopniu od napięcia sieci; im napięcie prądu wyższe, tym siła większa.

Najczęściej są stosowane silniki 2-biegun., 4-biegun. i 6-biegunowe. Odpowiednio do tych liczb biegunów, liczba obrotów pola magnetycznego będzie wynosić na minutę 3000, 1500, 1000. W ogóle pomiędzy liczbą obrotów pola magnetycznego na minutę — n , częstotliwością zmian prądu na sekundę — f i liczbą par biegunów — p zachodzi następująca zależność:

$$n = \frac{60 \cdot f}{p}$$

W praktyce zwykle stosuje się $f = 50$, więc:

$$n = \frac{3000}{p}$$

Wirnik silników asynchronicznych przy biegu luzem obraca się z szybkością niemal zgodną z polem magnetycznym, wtedy *poślizg* czyli różnica pomiędzy liczbą obrotów pola i liczbą obrotów wirnika jest bardzo mała; przy znamionowym obciążeniu poślizg wynosi od 0,5 do 6%, dla małych silników więcej, a dla dużych mniej.

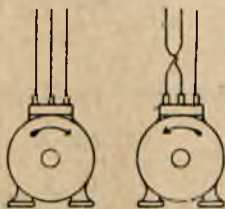
Przykład. Obliczymy obroty silnika trójfazowego asynchronicznego, dwubiegunowego, którego poślizg wynosi 5%.

$$n = 3000 \frac{3000,5}{100} = 2850$$

3. *Największą siłę obrotową* ma silnik asynchroniczny w zwykłych warunkach nie przy nieruchomym wirniku, lecz w ruchu, jednak przy dość znacznym poślizgu. Największy moment obrotowy przy chwilowym przeciążeniu jest zwykle od 1,75 do 2,5 raza większy od momentu obrotowego znamionowego.

Przepisy stawiają zwykłym silnikom asynchronicznym następujące wymagania. Silniki muszą wytrzymać bez uszkodzenia i utknięcia lub raptownej zmiany szybkości obciążenie momentem 1,75 razy większym od momentu znamionowego pełnego obciążenia przy zachowaniu napięcia i częstotliwości znamionowej. Dla dźwignic mają zastosowanie silniki, mające moment obrotowy największy znaczniejszy od poprzednio podanego, a mianowicie 2 do 2,5 raza większy od momentu przy biegu znamionowym.

4. *Zmiana kierunku wirowania* silników trójfazowych osiąga się wymianą miejsc przyłączenia którychkolwiek dwóch przewodów z trzech, doprowadzających prąd do stojana, p. rys. 38.



Rys. 38.
Zmiana kierunku wirowania.

5. Na szczególną uwagę w silnikach asynchronicznych zasługuje *szczelina* pomiędzy wirnikiem a stojanem, która musi

być jak najmniejsza i zwykle wyraża się wzorem:

$$s = 0,02 + \frac{D}{1000}$$

gdzie D średnica wirnika w cm, s — szczelina również w cm.

6. *Silniki asynchroniczne ze zwartym wirnikiem*, czyli tak zwane *klatkowe*, mają względnie niewielką *siłę rozruchową* i przy ruszaniu pobierają bardzo znaczny prąd z sieci, np. 6 razy większy od znamionowego, i z tego powodu mają nie raz wyłączniki z potrójnymi kontaktami, p. rys. 39. Rozruch odbywa się na kontakcie środkowym, przed którym nie ma bezpiecznika, ruch zaś na kontakcie prawym, przyłączonym do sieci przez bezpiecznik, przystosowany do normalnego prądu silnika w biegu. Takie silniki mogą być przyłączane do sieci publicznej tylko małe do 0,75 kW, o ile rozruch odbywa się przy znacznym obciążeniu, i do 1,5 kW, jeżeli obciążenie nie przekracza $\frac{1}{2}$ rozruchowego momentu znamionowego.



Rys. 39.

Wyłącznik do silnika asynchronicznego klatkowego.

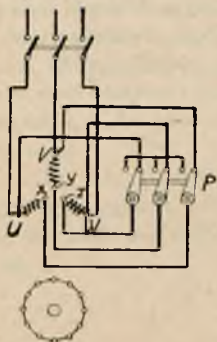
Większe silniki zwarte zaopatruje się w przełącznik z gwiazdy w trójkąt, p. rys. 40, i mogą być przyłączane do sieci pu-

bliczej do 3 kW. Jeszcze większe zaopatruje się w transformator stopniowy ze zmienną przekładnią, p. rys. 41.

Z tymi urządzeniami rozruchowymi silniki biorą prąd rozruchowy tylko dwa razy większy od znamionowego; ich moment rozruchowy zawsze jest mniejszy od znamionowego.

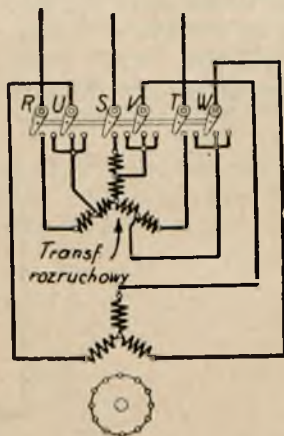
7. *Zmianę szybkości silników zwartych przy stałym obciążeniu są dwa w praktyce rzadko się stosuje, ponieważ sposoby są skomplikowane:*

- a) przełączenie uzwojenia na inną liczbę biegunów, np. z 2-ch na 4 i na 6,
- b) zmiana liczby okresów na sekundę prądu zasilającego za pomocą odpowiednich przetwornic.



Rys. 40.

Przełącznik rozruchowy z gwiazdy w trójkąt.



Rys. 41.

8. *Silniki dwuklatkowe.* Na wirniku mają dwa zwarte uzwojenia, jedno położone bliżej do obwodu o dużym oporze, drugie założone głębiej o małym oporze. Silniki takie mają większą siłę rozruchową, niż zwykłe, i przy rozruchu biorą mniejszy prąd, niż silniki klatkowe zwykłe.

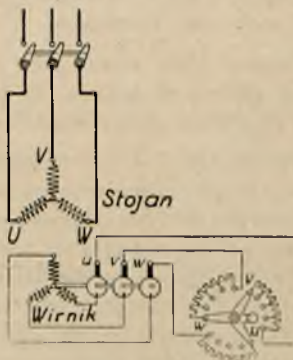
9. *Silniki klatkowe z płaskimi prętami.* Te silniki mają prostszą budowę, niż dwuklatkowe, a własności podobne.

10. *Silniki klatkowe z podwójnym wirnikiem.* Te silniki mają jeden stojan i dwa wirniki obracające się jeden w drugim, większy wirnik ma postać pierścienia, a mniejszy wewnętrzny pełnego walca.

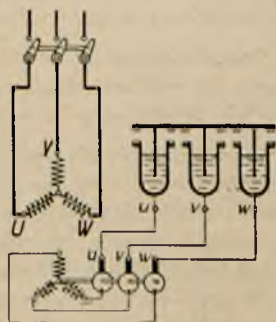
Prąd z sieci doprowadza się do stojana i większego wirnika, wirnik większy ma dwa uzwojenia, jedno zwarte na zewnętrznym obwodzie, drugie zwyczajne zasilane prądem sieci.

Wirnik większy obraca się z pewnym poślizgiem względem pola wirującego stojana, a wirnik mniejszy wewnętrzny obraca się z poślizgiem względem pola wirującego wirnika większego. W ten sposób przy dwubiegunowym uzwojeniu można osiągnąć obroty wirnika wewnętrznego większe od 3000 obrotów na minutę, a więc np. okrągło 4500 i 6000 obrotów na minutę; tego rodzaju wielka szybkość obrotowa jest potrzebna np. do niektórych obrabiarek do drzewa.

11. *Silnik pierścieniowy.* Silnik ten ma uzwojenie na wirniku doprowadzone do pierścieni na wale. Szczotki ślizgające się po tych pierścieniach przyłączamy do opornika, p. rys. 42, tak że prądy indukowane w wirniku przechodzą jeszcze przez ten opornik. Oporniki w wirniku mogą być wodne, p. rys. 43.



Rys. 42.



Rys. 43.

Silnik pierścieniowy.

Opornik w wirniku może być stosowany jako rozruchowy, wtedy on zwiększa siłę rozruchową silnika do tego stopnia, że moment rozruchowy może być tak wielki, jak przy pracy znamionowej (pełne obciążenie normalne), a nawet większy np. dwa razy.

Prąd rozruchowy jest przy tym znacznie mniejszy, niż w odpowiednich silnikach zwartych. Silniki z pierścieniami, które wytwarzają moment obrotowy równy momentowi znamionowemu, biorą prąd tylko niewiele większy od znamionowego. Silniki, które wytwarzają moment obrotowy podwójny, biorą prąd przy rozruchu niewiele większy od podwójnego znamionowego.

Silniki z opornikami rozruchowymi należy zaopatrywać w zwierniki pierścieni, które zamykamy po doprowadzeniu oporu rozruchowego do zera.

Gdy korbka rozrusznika stoi w położeniu postoju, obwody wirnika są przerwane i prąd w wirniku powstać nie może, skutkiem czego silnik po włączeniu prądu na stojan jeszcze nie rusza, dopiero gdy przesuniemy trochę korbkę rozrusznika, tak aby obwód wirnika przez oporniki został zamknięty, silnik rusza, wtedy należy korbkę dalej stopniowo obracać powoli tak, aby dać silnikowi czas na nabranie szybkości. Przy zbyt pośpiesznym przesuwaniu korbki, silnik brałby nadmierny prąd. Gdy silnik jest w pełnym biegu, zwieramy pierścienie.

Opornik połączony z pierścieniami służy nieraz jako regulacyjny dla zmiany obrotów przy stałym obciążeniu. W miarę tego, jak zwiększamy opór tego opornika, obroty spadają.

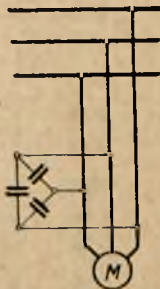
Taka regulacja nie jest oszczędna, gdyż w tych warunkach moc pobierana z sieci nie ulega zmianie, natomiast moc oddana przez silnik ciągle maleje, a energia stracona ogrzewa opornik. Z tego powodu oporniki regulacyjne muszą być większe, niż odpowiednie rozruchowe, aby nie ogrzewały się nadmiernie. W sprawie budowy oporników i dopuszczalnej ich temperatury mają zastosowanie wiadomości podane na str. 52, z tą różnicą, że można tu stosować oporniki wodne z roztworem sody w wodzie, w którym są pogrążone elektrody przeważnie z cynkowanego żelaza lub z brązu.

Sody w roztworze bierzemy tyle, aby, przy pograżeniu płyt na $\frac{1}{5}$ całej głębokości zanurzenia, silnik ruszył, będzie to około 20 g na litr wody.

Jeżeli opornik ma stać na mrozie do -15° , to można używać następującej mieszaniny: na 1 litr wody 150 g prażonej sody i 300 cm^3 gliceryny o ciężarze właściwym 1,25. Dla wielkich silników mogą być stosowane rozruszniki wodne rozgrzewające się do temperatury wrzenia płynu.

Poza opornikami bywają przy dużych silnikach przyłączone do pierścieni układy maszyn komutatorowych, które pozwalają regulować obroty oszczędniej.

Maszyna komutatorowa włączona na pierścienie silnika pozwala również zwiększyć $\cos \varphi$ prądu pobieranego przez stojan, obecnie jednak stosujemy chętnie kondensatory, równoległe połączone z silnikami, p. rys. 44, które biorą prąd bezwzględnie tego rodzaju, że prąd ten w połączeniu z prądem silnika stanowi prąd wypadkowy, płynący z elektrowni niemal zgodny w fazie z napięciem, dla którego $\cos \varphi = 1$.



Rys. 44. Układ kondensatorów dla poprawy $\cos \varphi$.

Powiększenie $\cos \varphi$ prądu pobieranego z elektrowni jest pożądane z tego względu, że elektrownie za prąd płynący przy małym $\cos \varphi$ pobierają większą opłatę, niż za prąd, wykonywujący tę samą pracę, przy $\cos \varphi$ bliskim do jedności.

Sprawność i współczynnik mocy silników czterobiegunowych.

Moc oddana w kW	Wirnik klatkowy		Wirnik pierścieniowy	
	sprawność w %	cos φ	sprawność w %	cos φ
0,125	69,5	0,7	—	—
0,2	72,5	0,73	—	—
0,33	74,5	0,76	—	—
0,5	76,5	0,79	—	—
0,8	79,5	0,80	—	—
1,1	81,5	0,82	—	—
1,5	82,5	0,83	79,5	0,8
2,2	83,5	0,85	80,5	0,82
3	84,5	0,86	82	0,83
4	85,5	0,87	83,5	0,84
5,5	86,5	0,87	84,5	0,84
7,5	87	0,87	85	0,85
11	87,5	0,87	85,5	0,86
15	87,5	0,87	87,5	0,87
22	88	0,88	88	0,88
30	89	0,89	89	0,89
40	89,5	0,90	89,5	0,90
50	90	0,90	90	0,90
64	90,5	0,90	90,5	0,90
80	90,5	0,90	90,5	0,90
100	91	0,90	91	0,90
125	—	—	91,5	—
160	—	—	92	—
200	—	—	92,5	—
250	—	—	93	—

12. Obliczanie prądu pobieranego przez silnik trójfazowy. Jeżeli przez N — oznaczymy moc mechaniczną oddawaną przez silnik, przez U — napięcie międzyprzewodowe w woltach, J — prąd w amperach pobierany z sieci, $\cos \varphi$ współczynnik mocy tego prądu, η — sprawność, to:

$$J = \frac{N \cdot 735}{1,73 U \cos \varphi \cdot \eta} = \frac{N \cdot 425}{U \cos \varphi \cdot \eta} \text{ amperów.}$$

Przykład. $N = 10 \text{ KM}$, $U = 120 \text{ V}$, $\cos \varphi = 0,87$ i $\eta = 0,87$.

$$J = \frac{10,425}{120 \cdot 0,87 \cdot 0,87} = 46,8 \text{ A}$$

Zestawienie najczęściej używanych silników trójfazowych asynchronicznych podajemy w tablicy według DIN—VDE 2650 i 2651 na str. 64.

Dla większej liczby obrotów sprawność nieco mniejsza, a $\cos \varphi$ nieco większy, dla mniejszej liczby obrotów sprawność również mniejsza, i $\cos \varphi$ nieco mniejszy.

Spółczynnik mocy $\cos \varphi$ i sprawność w % silników asynchronicznych trójfazowych przy niedociążeniu i przeciążeniu podajemy w tablicach:

Obciążenie w stosunku do znamionowego		
0,5	1	1,5
S p ó ł c z y n n i k m o c y $\cos \varphi$		
0,87	0,91	0,90
0,82	0,89	0,88
0,78	0,87	0,86
0,74	0,85	0,86
0,70	0,83	0,84
0,68	0,81	0,82
0,65	0,79	0,80
0,62	0,77	0,79

Obciążenie w stosunku do znamionowego		
0,5	1	1,5
S p r a w n o ś ć w %		
92,5	94,0	92,5
91	92	90
89	90	87
87	88	85
84,5	86	82
82,5	84	80
80,5	82	77
78,5	80	75

13. *Prąd płynący w obwodzie wirnika silnika pierścieniowego w przybliżeniu obliczymy, znając N — moc silnika w koniach mechanicznych, U_w — napięcie na pierścieniach wirnika nieruchomego, J_w — prąd w przewodach pomiędzy pierścieniami a rozrusznikiem, w następujący sposób:*

$$J_w = \frac{N \cdot 735}{1,73 U_w} = \frac{N \cdot 425}{U_w} \text{ amperów.}$$

Przykład. $N = 10$ KM, $U_w = 100$ V

$$J_w = \frac{10 \cdot 425}{100} = 42,5 \text{ A}$$

Ten prąd jest miarodajny dla wybrania przewodów łączących rozrusznik z pierścieniami, według tablicy na grzanie się przewodów. Jeżeli napięcie na pierścieniach wirnika jest nieznanne, to można brać przewody według końcówek, jakie na odpowiednich zaciskach dostarczyła wytwórnia.

§ 20. SILNIKI ASYNCHRONICZNE JEDNOFAZOWE.

1. *Budowa* — jak trójfazowych, tylko uzwojenie stojana jest jednofazowe, a nie trójfazowe. Silnik taki nie ma żadnej siły rozruchowej, dopiero w ruchu pola stojana i wirnika kojarzą się, tworząc pole magnetyczne wirujące, które daje siłę obrotową.

2. *Szybkość wirowania* tego pola jest taka sama, jak szybkość wirowania odpowiedniego pola trójfazowego. W biegu luzem silnik nabiera szybkości niemal równej szybkości wirowania tego pola, poślizg jest jednak trochę większy, niż w silniku trójfazowym, a więc np. przy dwubiegunowym uzwojeniu i 1,5% poślizgu, $3000 - 45 = 2955$ obrotów na minutę, prąd biegu luzem jest znaczny: 35 do 45% prądu znamionowego, $\cos \varphi = 0,2$ do 0,3. Przy obciążeniu silnik jednofazowy więcej zwalnia biegu, niż trójfazowy.

3. W celu *rozruszania* silnika jednofazowego zaopatruje się większe silniki w pomocnicze uzwojenia, które mają obwód odgałęziony od głównego, w obwodzie tym bywają włączane w szereg cewki nawinięte na rdzeniach żelaznych lub kondensatory. Kondensator jest lepszy, bo daje większą różnicę faz i ma mniejsze straty energii, a więc może być pozostawiony pod prądem również w czasie pracy silnika.

Zespół prądów głównego i odgałęzionego pomocniczego daje pole wirujące i moment obrotowy już w czasie postoju silnika.

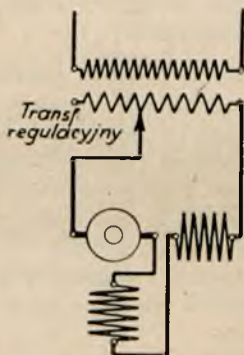
Małe silniki tego rodzaju bywają budowane na 1/3 do 2 KM 220 V 1500 obr. na min.

§ 21. SILNIKI KOMUTATOROWE.

1. *Jednofazowe silniki szeregowo* mają wirnik z komutatorem uzwojony tak samo, jak w maszynach prądu stałego, magnesnica również jest tak samo uzwojona, niema jednak wydających biegunów, gdyż uzwojenia są ułożone w żłobkach pierścieniowego kadłuba, takiego samego, jaki stosuje się w silnikach asynchronicznych. Na magnesnicy w większych silnikach

są stosowane tak zwane uzwojenia kompensacyjne i biegunów zwrotnych dla zmniejszenia iskrzenia. Układ połączeń uzwojeń magneśnicy i twornika szeregowy. Silniki tego rodzaju mają własności podobne do silników szeregowych prądu stałego: ruszają z dużą siłą obrotową, zwiększają znacznie prędkość przy spadku obciążenia i przeto podlegają niebezpieczeństwu rozbiegania się. Natomiast mają znaczną zaletę, że prędkość wirowania można oszczędnie zmieniać zapomocą transformatora stopniowego, który pozwala zmieniać napięcie prądu doprowadzanego do silnika, p. rys. 45.

Małe silniczki tego rodzaju buduje się w ten sposób, że można je używać, zasilając prądem bądź z sieci prądu stałego, bądź z sieci prądu zmiennego na to samo skuteczne napięcie.

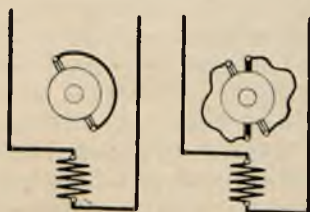


Rys. 45. Silnik komutatorowy szeregowy z transformatorem regulacyjnym.

Zmiana kierunku obrotów odbywa się w ten sam sposób, jak w szeregowych silnikach prądu stałego, przez wymianę drutów doprowadzających prąd np. do twornika.

2. *Silniki repulsyjne* mają budowę taką samą, jak poprzednie, tylko doprowadzenie prądu jest odmienne, p. rys. 46; prąd doprowadza się tylko do nieruchomej magneśnicy, natomiast

obwód wirnika zwiera się przewodnikiem o małym oporze, skutkiem czego w wirniku powstają prądy indukowane.



Rys. 46. Silniki repulsyjne.

Bywają silniki z jedną parą szczotek na parę biegunów i z dwiema parami szczotek na parę biegunów, p. rys. 46.

Dla otrzymania odpowiedniej siły obrotowej należy zsunąć szczotki z położenia na linii obojętnej, lub rozsunąć szczotki, gdy są podwójne.

Silniki te również zwiększają prędkość przy spadku obciążenia i podlegają niebezpieczeństwu rozbiegania się przy odciążeniu.

Regulacja obrotów i zmiana kierunku obrotów odbywa się przesuwaniem szczotek na komutatorze.

3. *Silniki komutatorowe trójfazowe* mają magneśnicę uzwojoną w ten sam sposób, jak w silnikach asynchronicznych trójfazowych, wirnik zaś taki sam, jak w silnikach prądu stałego,



Rys. 47. Silnik komutatorowy trójfazowy.

p. rys. 47. Na każdą parę biegunów pola magnesnicy ustawia się na komutatorze po trzy szczotki. Prąd trójfazowy doprowadza się do jednych końców uzwojenia magnesnicy, drugie zaś końce tego uzwojenia łączy się ze szczotkami bezpośrednio lub przez transformator w celu obniżenia napięcia na komutatorze.

Własności tych silników są podobne jak jednofazowych. Szybkość obrotów reguluje się zapomocą przesuwania szczotek.

Stosuje się te silniki wtedy, gdy jest wymagana ciągła regulacja obrotów w szerokich granicach, możliwie oszczędna.

Silniki komutatorowe trójfazowe mogą mieć równoległe połączenie stojana i wirnika, wtedy prędkość wirowania jest niemal niezależna od obciążenia; przy zwiększeniu obciążenia niewiele zmniejsza się.

§ 22. SILNIKI SYNCHRONICZNE.

1. *Budowa.* Prądnica prądu zmiennego użyta jako silnik stanowi tak zwany silnik synchroniczny, który ma obroty zgodne z obrotami prądnicy zasilającej sieć według następującego wzoru:

$$n_1 : n_2 = p_2 : p_1$$

tu n_1 liczba obrotów na minutę prądnicy, a n_2 — silnika, p_1 liczba par biegunów prądnicy, a p_2 — silnika.

2. *Obroty na minutę* takiego silnika oblicza się ze wzoru:

$$n = \frac{f \cdot 60}{p}$$

gdzie f — częstotliwość prądu, a p liczba par biegunów magnesnicy, n — tak zwane obroty synchroniczne.

Przy obciążeniu *prędkość wirowania nie zmniejsza się*, a przy nadmiernym przeciążeniu silnik odrazu staje, t. j. jak zwykle mówimy wypada z synchronizmu. Regulować obrotów takiego silnika nie można.

3. Silnik synchroniczny nie ma *sily rozruchowej*; jeżeli w stojącym silniku puścić prąd zmienny do twornika i stały do magnesnicy, to silnik nie ruszy; dla rozruchu takich silników bywają używane specjalne małe silniki asynchroniczne trójfazowe.

we osadzone na wale silnika głównego. Do sieci przyłącza się silnik synchroniczny trójfazowy, po osiągnięciu przez niego właściwych obrotów. Często zamiast tego pomocniczego silnika na magneśnicy silnika synchronicznego trójfazowego daje się zwarte uzwojenie klatkowe umożliwiające rozruch przy zmniejszonym przez transformator napięciu do $\frac{1}{3}$ napięcia biegu. Z miejsca ruszają także silniki synchroniczne mające nasady i rdzenie biegunowe z pełnego żelaza.

4. Ważną *własnością silników* synchronicznych jest zdolność pobierania z sieci prądu o rozmaitej różnicy faz między prądem i napięciem zależnie od natężenia stałego prądu w magneśnicy.

Przy małym prądzie w magneśnicy silnik pobiera prąd zmienny opóźniający się w fazie względem napięcia, a przy znacznym prądzie w magneśnicy — prąd zmienny wyprzedzający w fazie napięcie, tak jak kondensator. Prąd wzbudzający magneśnicę zawsze można tak nastawić, aby prąd pobierany z sieci był w fazie z napięciem; wtedy $\cos \varphi = 1$ i prąd będzie przy danym obciążeniu najmniejszy.

Własność powyższa umożliwia zastosowanie silnika synchronicznego w celu zmniejszenia przesunięcia fazowego między prądem i napięciem sieci. Do sieci przyłącza się specjalny silnik synchroniczny, biegnący luzem, który pobiera prąd dodatkowy, wyprzedzający w fazie napięcie, jeżeli wzbudzenie jego jest dostatecznie duże. Gdy obciążenie sieci jest indukcyjne, czyli prąd opóźnia się w fazie względem napięcia, to prąd wzbudzający silnik synchroniczny może być tak dobrany, że wypadkowy prąd płynący do sieci będzie zgodny w fazie z napięciem.

§ 23. SILNIKI ASYNCHRONICZNE SYNCHRONIZOWANE.

Czasem bywają stosowane silniki asynchroniczne zaopatrzone w dodatkową prądniczkę prądu stałego, która dostarcza prądu do wirnika po osiągnięciu przez wirnik biegu niemal synchronicznego i doprowadza do synchronizmu, wtedy taki silnik pracuje jako synchroniczny i można, regulując prąd wzbudzenia, doprowadzić $\cos \varphi$ prądu pobieranego z sieci do jedności.

§ 24. PRZETWORNICE.

1. *Rodzaje przetwornic.* Najczęściej używane przetwornice służą do:

- a) przetwarzania prądu zmiennego na stały, wyjątkowo odwrotnie prądu stałego na zmienny,
- b) przetwarzania prądu stałego wyższego napięcia na prąd stały niższego napięcia i odwrotnie.

Przetwornice prądu zmiennego na stały służą zwykle do zasilania prądem stałym silników, ładowania akumulatorów i do lamp łukowych; bywają:

- a. dwumaszynowe,
- b. dwumaszynowe kaskadowe,
- c. jednomaszynowe.

2. Przetwornica *dwumaszynowa prądu zmiennego na stały* stanowi zespół dwóch maszyn, których wirniki są osadzone na wspólnym wale, lub na wałach oddzielnych sprzęgniętych ze sobą najczęściej zapomocą sprzęgła sztywnego.

W takiej przetwornicy silnik prądu zmiennego i prądnicą prądu stałego są zupełnie niezależne, jedynie obroty muszą być uzgodnione.

Silnikiem prądu zmiennego jest zazwyczaj silnik asynchroniczny lub silnik synchroniczny.

Sprawność dwumaszynowych przetwornic jest względnie niewysoka, gdyż ogólna sprawność zespołu równa się iloczynowi sprawności poszczególnych maszyn.

Przykład. Poszczególne maszyny przetwornicy na 50 kW mają sprawność 0,88, wtedy ogólna sprawność zespołu będzie:

$$0,88 \times 0,88 = 0,774$$

To znaczy, że silnik tego zespołu pobiera

$$\frac{50}{0,774} = 64,7 \text{ kW}$$

3. Wyższą sprawność ma przetwornica *dwumaszynowa kaskadowa*, składająca się z trójfazowego silnika asynchroniczne-

go i prądniczy prądu stałego, przyczym uzwojenie wirnika tego silnika jest połączone elektrycznie z uzwojeniem twornika prądniczy prądu stałego.

Silnik trójfazowy rusza jako asynchroniczny, a w pełnym biegu, po wyłączeniu rozrusznika i po wzbudzeniu magniesnicy prądniczy prądu stałego zachowuje się jak silnik synchroniczny.

4. Największą jednak sprawność ma przetwornica *jednomaszynowa*, która w porównaniu z dwumaszynową ma straty niemal o połowę mniejsze.

Ponieważ przetwornica jednomaszynowa jest maszyną pojedynczą, więc pełni czynności zarazem silnika i prądniczy. Maszyna ta przyłączona do sieci prądu zmiennego pracuje jako silnik synchroniczny, w którym prąd zmienny do wirnika wpływa przez pierścienie, z drugiej strony do tego samego uzwojenia przyłączony jest komutator, a ze szczotek, ślizgających się po tym komutatorze, czerpiemy prąd stały.

W tych warunkach pomiędzy skutecznym napięciem prądu trójfazowego U_{tr} , a napięciem prądu stałego U_s zachodzi stały stosunek:

$$U_{tr} = 0,63 U_s$$

Chcąc mieć inny stosunek, włącza się przed przetwornicą transformator, wtedy:

- 1) w transformatorze przetwarza się np. prąd trójfazowy o napięciu 6000 V na prąd trójfazowy o napięciu 72,5 V,
- 2) a w przetwornicy prąd trójfazowy o napięciu 72,5 V na prąd stały o napięciu 115 V.

W razie zastosowania transformatora, obecnie prąd trójfazowy przetwarza się w nim na sześciofazowy i wtedy przetwornica przetwarza prąd sześciofazowy na stały. W takiej przetwornicy mamy mniejsze straty energii.

5. *Obliczmy prąd trójfazowy zasilający przetwornicę prądu trójfazowego na stały, która wytwarza prąd stały 500 A pod napięciem 115 V i której sprawność wynosi 0,85.*

Natężenie prądu trójfazowego o napięciu 6000 V będzie:

$$J = \frac{115 \cdot 500}{1,73 \cdot 6000 \cdot 0,85} = 6,5 A$$

6. Przetwornice prądu stałego na stały są dwumaszynowe i mają prąd po stronie wyższego napięcia mniejszy, a po stronie niższego napięcia większy.

7. Obliczenie prądu dostarczonego do przetwornicy pod napięciem 220 V, z której pobieramy 500 A pod napięciem 115 V; sprawność zespołu 0,78:

$$J = \frac{115 \times 500}{220 \times 0,78} = 335 \text{ A}$$

§ 25. SKŁADANIE I USTAWIANIE MASZYN.

1. Wszystkie maszyny i urządzenia w *maszynowni* muszą być tak rozstawione, aby do nich był dobry dostęp i łatwa obsługa, montaż przeprowadzać należy bardzo uważnie przez osoby znające dobrze budowę, według zawczasu obmyślonych i przygotowanych planów i rysunków.

W pobliżu *maszyn w biegu* nie wolno wykonywać żadnych robót postronnych np. piłowania lub cięcia żelaza i t. p.

Maszynownia musi być dobrze oświetlona w dzień i w nocy oraz należyce przewietrzana. Budowle muszą być wykonane zawczasu i mury oraz tynk przed montażem dobrze wyschnięte.

2. Maszyny elektryczne w miarę możliwości należy ustawić w *pomieszczeniach* pozbawionych kurzu i dobrze oświetlonych, temperatura powinna być wyższa od 0⁰ i nie może przewyższać 35⁰, należy więc przewidywać odpowiednie ogrzewanie i przewietrzanie.

3. *Składanie i ustawianie* maszyn musi być przeprowadzone bardzo starannie, tylko w ten sposób można uniknąć różnych przykrych niespodzianek.

Przy rozpakowywaniu, opakowanie zdejmujemy systematycznie i odkładamy na bok, przeglądając dokładnie i wyszukując drobne części maszynowe, które łatwo mogą się zagubić.

Następnie sprawdzamy co do liczby i stanu wszystkie składowe części maszyn, oczyszczając je od rdzy i tłuszczu oraz przygotowujemy potrzebne narzędzia i przybory.

Pomieszczenie, w którym przechowujemy części maszynowe musi być ogrzewane, suche i nie może być narażone na znaczne

zmiany temperatury, gdyż to może spowodować osadzanie się wilgoci na metalu.

4. Do *podnoszenia* trzeba mieć odpowiednie linki i wielokrażki. Podajemy jaki ciężar największy można podnosić za pomocą linki konopnej w dobrym stanie:

Srednica linki 10 mm	ciężar	75 kg
„ „ 15 „ „	„ „	175 „
„ „ 20 „ „	„ „	300 „
„ „ 30 „ „	„ „	700 „
„ „ 40 „ „	„ „	1250 „
„ „ 50 „ „	„ „	1960 „
„ „ 60 „ „	„ „	2830 „
„ „ 70 „ „	„ „	3900 „
„ „ 80 „ „	„ „	5000 „
„ „ 90 „ „	„ „	6360 „
„ „ 100 „ „	„ „	7850 „

Linki zakładać należy ostrożnie, aby nie uszkodzić uzwojenia, linki nie mogą się opierać o uzwojenia.

Uszka na kadłubach maszyn są wytrzymałe tylko na ciągnięcie *wzdłuż osi* ich gwintu.

5. *Fundamenty* odpowiednio wpuszczone w ziemię (patrz § 177) muszą być zawczasu przygotowane, konsole z żelaza korytkowego lub kąтового odpowiednio obliczone na zginanie, rozciąganie, czy ściskanie i wmurowane na cement.

W urządzeniach prowizorycznych lub dla zaizolowania szkieletu maszyny od ziemi ustawia się maszyny na podkładach drewnianych.

Żelazna *plyta podstawowa* maszyny powinna *szczelnie* przylegać do podstawy, na której umocowuje się maszynę. Na fundamencie murowanym podlewamy płytę podstawową maszyny zaprawą cementową, po uprzednim podklinowaniu żelaznymi podkładkami. Na innych podstawach zawsze dokładnie podklinować, aby wszystkie łapy sztywno ściśle przylegały. Śruby fundamentowe na fundamentach murowanych można przykręcać dopiero po zupełnym skrzepnięciu zaprawy, co następuje po upływie 8 dni. Śruby fundamentowe muszą być dość długie

szczególnie przy przekładni pasowej czy linowej. Długość ma być tak obliczona, aby fundament przez nie ujęty nie mógł się podnieść pod wpływem sił ciągnących przekładni.

W małe fundamenty śruby wmurowuje się, w dużych fundamentach śruby zakłada się po wymurowaniu w otwory wypełnione narazie drewnianymi klockami, które trzeba wyjąć w 24 godziny po wymurowaniu fundamentu. Otwory na śruby fundamentowe muszą być dość duże, aby śruby można było w nich poruszać nieco na boki.

Jeżeli zależy na uniknięciu przenoszenia się przez fundament szumu wirujących maszyn, to pod maszynę podkładamy warstwę filcu albo płytę gumową lub korkową. Można również podobne warstwy włożyć do fundamentu lub pod fundament.

Do podłogi można przyśrubowywać tylko zupełnie małe silniczki.

Przy ustawianiu maszyn z saniami do naprężania pasa, na leży maszynę przede wszystkim zamocować w środku na saniach i ustawiać na fundamencie razem z saniami. Po zamocowaniu sań przesuwamy maszynę po saniach w jedną i w drugą stronę, aby przekonać się, czy łatwo daje się przesuwać.

6. Przy *wysokim* napięciu żelazny kadłub maszyny powinien być albo:

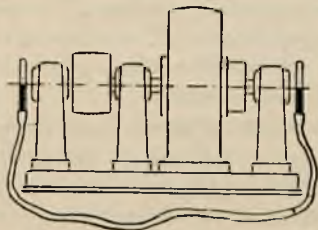
1. zaizolowany od ziemi i otoczony wokoło chodnikiem izolacyjnym (drewnianym lub gumowym), albo też przeciwnie,
2. uziemiony, to znaczy dokładnie połączony elektrycznie z ziemią.

Zaizolowanie nadaje się tylko do maszyn niewielkich, podkłady i chodniki drewniane należy nasycać karbolineum lub gorącym olejem lnianym. Uziemienie wykonywamy, prowadząc przewodnik miedziany o przekroju nie mniejszym od 16 mm² od śruby kadłuba do płyty uziemiającej (§ 161). Dla zabezpieczenia od wylądowań atmosferycznych maszyny z kadłubem uziemionym szczególnie wymagają zabezpieczenia zapomocą ochronników przepięciowych.

7. Przy *składaniu maszyn* należy obchodzić się bardzo ostrożnie z uzwojonymi częściami i komutatorami. Deski do pod-

pierania owinąć trzeba tkaniną, a liny zakładać na wał i roz-
pierać deskami.

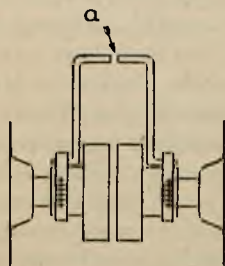
Ułożenie wału musi być przeprowadzone bardzo starannie,
należy sprawdzać, czy wirnik leży poziomo za pomocą poziom-
nicy z rurką i pęcherzykiem powietrza lub z pionem na sznurku.



Rys. 48. Sprawdzanie położenia wału za pomocą rurek z wodą.

Długie wirniki można sprawdzać za pomocą rurki z wodą, p. rys.
48, składającej się z dwóch rurek szklanych połączonych gu-
mową. Jeżeli punkt środkowy wału leży na poziomie wody
w lewej rurce, to i punkt środkowy na drugim końcu wału powi-
nien leżeć na poziomie wody w prawej rurce. Sprawdzenie to
należy powtórzyć kilkakrotnie, przekręcając wał w różne po-
łożenia.

Wały sprzęgnięte przekładnią linową czy pasową muszą być
ułożone dokładnie równoległe do siebie, co sprawdzamy, mierząc
odległości między środkami wałów na końcach. W razie sprzę-



Rys. 49. Sprawdzanie ustawienia maszyn sprzęganych.

żenia sprzęgłem muszą wały leżeć w jednej linii prostej, co sprawdzamy, określając położenie środków wału względem odpowiedniej linii prostej. Sprzęgła muszą być sztywno zamocowane na wałach tak, aby pod wpływem sił przenoszonych nie mogły się przesuwać.

Właściwe ustawienie maszyn sprzęganych sprzęgłem, p. rys. 49, można dobrze sprawdzić, zakładając odpowiednio wygięte żelazne płaskowniki i obserwując szczelinę *a*, która nie powinna się zmieniać przy obracaniu wałów, gdy one są zsunięte do oparcia się o obrzeża panewek.

8. *Panewki dostosowuje się do wału*, aby przylegały szczelnie, pozostawiając tylko mały luz po bokach. Chcąc sprawdzić przyleganie, nacieramy powierzchnię panewek kredą lub pokrywamy cienką warstwą odpowiedniej farby i potem przycieramy do wału, znajdując w ten sposób na panewce miejsce wypukłe, które zdrapujemy skrobaczką.

Poza tym należy panewki tak dopasować, aby w miarę możliwości wał miał w łożysku małą grę podłużną, a w każdym razie nie był panewkami zaciśnięty w kierunku podłużnym, bo łożyska będą się grzały.

Szczególną uwagę należy zwrócić na *szczelinę* pomiędzy wirnikiem, a stojanem maszyny. Szczelina musi być odpowiednia i wszędzie możliwie jednakowa; do pomiaru wielkości szczeliny służyć mogą kliniki żelazne lub specjalna miarka składająca się z kilku blaszek różnej grubości w kształcie scyzoryka. Pomiar należy powtórzyć przy różnych położeniach wirnika.

W dużych maszynach, wobec wycierania się panewek, dla wyrównania szczeliny wypada z czasem kadłub stojana opuszczać; dla ułatwienia tego pod łapy kadłuba przy pierwszym montażu podkładamy kilka cienkich blaszek, które potem stopniowo usuwamy w miarę zużycia panewek.

9. *Trzymadło szczotkowe* ustawiamy według znaczków wytwórni i potym zakładamy oprawki i szczotki, doregulowując sprężyny tak, aby przyciskały szczotki z siłą 200 g na cm². Przy zakładaniu oprawek szczególną uwagę zwrócić należy na kabelki, łączące szczotki z oprawkami, aby śruby łączeniowe dobrze były *dokręcone*, a powierzchnie stykowe *czyste*.

Brzegi oprawek muszą znajdować się na odległości 1,5 do 2 mm nad powierzchnią komutatora.

Następnie *szczotki przecieramy* papierem szlifierskim, przeciągając go pomiędzy szczotką a komutatorem, p. rys. 55, szorstką powierzchnią do góry, a następnie pędzimy maszyną z godzinę bez obciążenia dla ostatecznego dotarcia szczotek.

10. *Przewodniki przyłączamy* do maszyny za pomocą końcówek, które *dokładnie wluwujemy* na końce przewodników na cynę. Przed zaciśnięciem końcówek pod zacisk dokładnie oczyszczamy zacisk śrubowy i końcówkę, tak aby powierzchnie stykowe *szczelnie* do siebie przylegały i mocno były do siebie przyciśnięte. *Niedokładne styki grzeją się.*

Przewodniki prowadzimy w ten sposób, aby były zabezpieczone od uszkodzeń mechanicznych, najczęściej wprowadzamy je do rur żelaznych, przy prądzie zmiennym przewodniki jednego obwodu muszą być umieszczone w jednej rurze wspólnej. Zaciski maszynowe, szczególnie na silnikach, osłaniamy ochronną pokrywką.

Przekrój przewodników przystosowujemy do natężenia prądu, uwzględniając poza tym dopuszczalny spadek napięcia, który do tablicy rozdzielczej nie powinien być większy jak kilka dziesiątych % napięcia roboczego.

Przekroju drutu w obwodzie bocznikowym prądnic i silników nie należy brać mniejszego od 2,5 mm², chyba dla małych maszyn 1,5 mm².

11. *Oporniki ustawiamy* w ten sposób, aby korbki można było wygodnie ujmować ręką, a zarazem aby przewody do maszyny nie były zbyt długie, a przyrządy miernicze, których wskazania zależą od położenia korbki, przy nastawieniu opornika, widoczne.

Umieszczać należy oporniki w miejscach suchych, nie narażonych na wstrząśnienia, na obecność gazu lub pyłu wybuchowego. Od kurzu i wody oporniki należy ochraniać, odpowiednie osłony muszą być z ogniotrwałego materiału. W ogóle należy umieszczać oporniki zdaleka od wszelkich materiałów palnych.

Należy dbać o wolny przepływ powietrza chłodzącego przez opornik.

Po ustawieniu nowego opornika działanie jego należy zawsze wypróbować.

§ 26. PUSZCZANIE MASZYNY W RUCH.

1. *Sruby fundamentowe* dokręcamy. Łożyska po przemyciu naftą i benzyną napełniamy świeżą oliwą. Spoczątku należy oliwę często zmieniać, szczególnie jeżeli szybko mętnieje i czernieje, aż panewki dobrze się przytrą.

2. *Sprawdzamy czystość kontaktów* i ścisłość przykręcenia ich śrub. Sprawdzamy dotarcie szczotek.

3. Puszczaemy maszynę *biegiem jałowym* bez obciążenia, stopniowo zwiększając obroty do normalnych, zwracając uwagę, czy maszyna nie drga, czy łożyska się nie grzeją, czy pierścienie smarownicze działają prawidłowo. Zostawiamy maszynę na biegu jałowym z pół godziny, a przy dużych maszynach i dłużej.

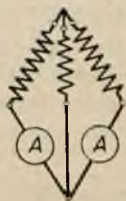
4. Przed przystąpieniem do obciążenia, *sprawdzamy izolację* uzwojeń maszyny od żelaznego szkieletu maszyny. Sposób mierzenia podany w § 166.

Maszyny prądu stałego znacznej mocy mają zazwyczaj opór izolacji od 2 do 10 megomów. Opór izolacji uzwojeń stojana maszyn prądu zmiennego niskiego napięcia wynosi od 1 do 2 megomów, przy wysokich napięciach bywa do 1 megoma na 1000 V, jednak 0,2 do 0,5 megoma na 1000 V napięcia uważają nieraz za opór dostateczny dla biegu prawidłowego.

Ogólnie możemy powiedzieć, że maszyny na niezbyt wysokie napięcie, mające opór izolacji przekraczający 1 000 000 Ω , mogą być od razu oddane do użytku, natomiast maszyny nowe niedostatecznie osłonięte podczas drogi lub przechowywane w miejscach wilgotnych wykazują niedostateczną izolację i muszą być suszone.

Suszyć maszyny małe najlepiej w ciepłym pomieszczeniu przewiewnym lub w suszarni. Maszyny duże suszymy, przewiewając ciepłym powietrzem, lub obciążając prądem przy obniżonym napięciu, zawsze dobrze przewietrzając.

W prądniccy prądu stałego zwieramy przez amperomierz końcówki (+) i (—), w prądniccy trójfazowej łączymy np. uzwojenia twornika w gwiazdę i zwieramy bieguny, p. rys. 50, włączając amperomierz, lepiej dwa jednakowe amperomierze w dwie fazy.



Rys. 50. Zwieranie biegunów prądniccy trójfazowej.

Puszczamy następnie prądnicę w ruch i wzbudzamy prądem obcym o możliwie małym napięciu, np. z kilku ogniw akumulatorowych lub odgałęzienia od oporników. Prąd wzbudzający regulujemy w ten sposób, aby w zwartym obwodzie twornika płynął prąd wynoszący $\frac{1}{4}$ prądu znamionowego; po kilku godzinach przerywamy prąd na pół godziny i następnie wzbudzamy tak, aby prąd podniósł się do $\frac{1}{2}$ znamionowego, następnie po pewnym czasie do $\frac{3}{4}$ znamionowego i wreszcie do pełnego znamionowego. Gdy temperatura podniesie się do 65°C lub gdy izolacja na gorąco wyniesie $100000\ \Omega$, suszenie na pewien czas przerywamy, dopóki maszyna nie ostygnie, i znowu sprawdzamy izolację. Suszenie dużych maszyn może czasem przeciągnąć się dni kilka.

Po skończeniu suszenia i doprowadzeniu połączeń do normalnego stanu pędzimy prądnicę, narazie nieobciążając, na pełne wzbudzenie i po pewnym czasie stopniowo pomału obciążamy. Silniki można suszyć, puszczając na bieg jałowy przy obniżonym napięciu.

Wogóle suszyć należy powoli i ostrożnie, dobrze przewietrzając. Jeżeli uzwojenia maszyny są wyraźnie wilgotne, to nigdy nie należy suszyć prądem stałym, bo może zająć

szkodliwa elektroliza; wtedy najlepiej suszyć ciepłym powietrzem.

5. *Wzbudzanie prądnic.* Prądnice samowzbudne wysyłane są z wytwórni namagnesowane, więc przy właściwym połączeniu obwodu uzwojenia magnesu i znamionowych obrotach wytwarzają od razu właściwe napięcie. Jeżeli obracamy maszynę w odwrotnym kierunku, niż przewidziano w wytwórni, to wystarczy wymienić przyłączenie uzwojeń magnesu do twornika.

Jeżeli prądnica nie wzbudza się, to może być szereg różnych przyczyn, podanych dalej szczegółowo w § 29. Bywają wypadki zaniku magnetyzmu, najczęściej skutkiem niewłaściwych prób przy montażu.

Chcąc *rozagnesować* prądnicę wzbudzić ponownie, trzeba użyć innego źródła prądu np. innej prądnicy, akumulatorów lub ogniw galwanicznych, przestrzegając, aby prąd w uzwojeniu magnesu nie był za duży i nie przewyższał 1,5 A na 1 mm² przekroju drutów w uzwojeniu magnesu. Prąd dopuszczalny dla przekroju s obliczamy ze wzoru:

$$J = 1,5 \cdot s$$

Przykład. Pieńki magnesu są owinięte drutem o średnicy drutu gołego = 1 mm. Przekrój takiego drutu wynosi około 0,78 mm², więc prąd dopuszczalny będzie:

$$J = 1,5 \cdot 0,78 = 1,2 \text{ A}$$

Dla uzyskania takiego prądu należy według prawa Ohma określić dodatkowy opór, jaki włączymy do obwodu, znając napięcie źródła prądu i opór uzwojenia magnesu, według takiego wzoru:

$$r = \frac{U}{J} - R$$

gdzie r opór dodatkowy, R opór uzwojenia magnesu w omach, U napięcie źródła w voltach, J prąd w amperach.

Przykład: $U = 230 \text{ V}$, $J = 1,2 \text{ A}$, $R = 91 \Omega$

$$r = \frac{230}{1,2} - 91 = 191 - 91 = 100 \Omega$$

Przytym opór uzwojenia magnesu można obliczyć w przybliżeniu, dzieląc napięcie prądnicy przez prąd w magnesu, obliczony z przekroju drutu. Prąd magnesujący można obliczyć w przybliżeniu inaczej, wiedząc, że on wynosi określony % od prądu znamionowego maszyny według tabeli:

Moc maszyny w kW	1,5	3	6	12	25	60	150	400	1000
%	7	5,2	4,6	3,3	2,4	1,8	1,5	1,3	1

6. *Sprawdzenie połączenia* w uzwojeniu wzbudzającym prądnicy szeregowo-bocznikowej polega na sprawdzeniu, czy oba uzwojenia na pieńkach biegunowych wzbudzają magnetyzm tego samego znaku. W tym celu obserwujemy spadek napięcia przy istniejącym połączeniu uzwojeń w miarę obciążania maszyny, a potem zwieramy, tj. łączymy grubym drutem miedzianym końcówki uzwojenia szeregowego na magnesu, nie odłączając go od obwodu prądu głównego, i znowu obserwujemy spadek napięcia, jeżeli w drugim przypadku, przy tych samych amperach prądu, będziemy mieli spadek napięcia większy, to znaczy, że połączenie uzwojeń między sobą jest dobre, w przeciwnym razie należy zmienić kierunek prądu w uzwojeniu szeregowym.

Silnik szeregowo-bocznikowy badamy, puszczając go *na chwilę* w ruch naprzód jako szeregowy, przy odłączonych uzwojeniach bocznikowych, a potem jako bocznikowy przy odłączonych uzwojeniach szeregowych, w obu razach kierunek biegu powinien być ten sam.

§ 27. ODBIORCZE PRÓBY MASZYN.

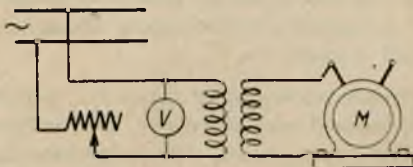
1. Gdy odbieramy maszynę z wytwórni, to poddajemy ją próbom, stosownie do umowy ze sprzedawcą. Małe maszyny do kilkunastu kilowatów zwykle poddajemy próbom w mniejszym zakresie, niż przy dużych.

Małą maszynę puszczaemy w ruch bez obciążenia przy znamionowym napięciu na godzinę i obserwujemy czy maszyna nie drga, czy łożyska się nie grzeją, czy szczotki nie iskrzą. Jeżeli silnik, to sprawdzamy obroty, czy są odpowiednio większe od znamionowych i czy prąd pobierany nie jest nadmierny. Prąd ten w silnikach bocznikowych prądu stałego powinien wynosić od 15% do 5% prądu znamionowego, a w silnikach asynchronicznych trójfazowych — od 60% do 20% prądu znamionowego.

Jeżeli maszyna próbowana jest prądnicą, to sprawdzamy napięcie, czy przy znamionowych obrotach jest większe odpowiednio od znamionowego przy odpowiednim położeniu rączki opornika. W każdej maszynie zwracamy szczególną uwagę na stan szczotek, które nie powinny drgać ani iskrzyć, oraz na stan komutatora, który musi być gładki, cylindryczny z izolacją mikową lekko zagłębioną względem powierzchni.

W każdej maszynie sprawdzamy omomierzem opór izolacji uzwojeń od żelaza, który w zimnej maszynie nie może być mniejszy od 1000000 Ω .

2. *Maszyny duże i wogóle* wszystkie maszyny dla ruchu, którego sprawne utrzymanie jest bardzo ważne, należy poddawać próbom szczegółowym według Przepisów oceny i bada-



Rys. 51. Próba wytrzymałości izolacji.

nia maszyn elektrycznych, a więc na wytrzymałość izolacji przy odpowiednio podwyższonym napięciu według układu połączeń na rys. 51, na odpowiednią zmienność napięcia, komutację, rozruch, obroty oraz sprawność, obciążenie i przeciążenie. W szczególnych przypadkach na prąd udarowy i zwykłe obroty.

Przy próbach izolacji wysokim napięciem starych maszyn odnowionych, należy stosować tylko $\frac{2}{3}$ napięcia przepisowego dla maszyn nowych.

Przy próbach zespołów maszynowych w elektrowniach nie ma większego znaczenia osobno wyznaczona sprawność prądnicy, lecz raczej zużycie paliwa czy pary na jedną wyprodukowaną przez prądnicę kilowatogodzinę.

Przy wyznaczaniu zużycia paliwa lub sprawności maszyn nie można posługiwać się przyrządami pomiarowymi tablicowymi, gdyż są za mało dokładne; należy wtedy użyć przyrządów przenośnych dokładniejszych.

Stosownie do umowy z wytwórnią, niektóre próby wykonywane bywają w wytwórni, inne na miejscu pracy maszyny, po zmontowaniu.

3. *Oporniki do obciążania* próbnego prądnicy stosuje się wodne. Woda rzeczna czysta ma zwykle oporność właściwą około 3000 Ω na cm^3 , to znaczy, że opór przewodnika w postaci 1 centymetra sześciennego wody wynosi 3000 omów. Wody źródlane mają opór różny, często mniejszy. Wielkość i odległość elektrod z blachy żelaznej przystosowuje się do natężenia prądu i oporności wody, im oporność mniejsza, elektrody należy rozstawiać dalej. Dobrze, gdy powierzchnia zanurzona elektrod wypadnie około 10 cm^2 na 1 amper. Przy odpowiednim chłodzeniu wystarcza jednak 2 cm^2 na 1 amper. Elektrody czyli blachy zamocowane na końcach przewodów pogrąża się zwykle do specjalnie przygotowanego zbiornika z wodą, lub wprost do stawu, jeziora lub rzeki. Przy długiej próbie woda musi być przepływowa; na 1000 kW pobieranej mocy i podniesienie temperatury wody do 50⁰ wypada przepuszczać około 5 litrów wody na sekundę.

Jeżeli woda jest zwykła wodociągowa, to wystarcza 1 cm odległości elektrod na 150 V napięcia. Gdy woda ma małą

oporność właściwą, to nieposób otrzymać dość małej gęstości prądu na elektrodach, wtedy przy małym pograżeniu otrzymujemy silny prąd i blachy żelazne szybko odpalają się, wtedy możemy w ziemi wykopać dół, napełnić go piaskiem z wodą i w piasku pograć elektrody, zarazem należy zapewnić odpowiedni dopływ wody, która by zastępowała wodę wyparowaną i chłodziła elektrody.

Dla obciążenia niewielkich prądnic bywają stosowane prowizorycznie sporządzone oporniki z drutu żelaznego lub płaskowników żelaznych, rozpiętych na gałkach porcelanowych.

Obciążenie drutów żelaznych rozpiętych prosto w powietrzu przy wzroście temperatury do 450^o jest następujące:

Średnica w mm	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4
Prąd w amp.	25	45	60	85	100	140	165

Obciążenie płaskowników żelaznych dla niższej temperatury może być następujące:

Przy grubości 1 mm.

Szerokość w mm	4	10	20	30
Prąd w amp.	35	80	140	190

Przy grubości 2 mm.

Szerokość w mm	4	10	20	30
Prąd w amp.	50	120	210	290

§ 28. OBSŁUGA MASZYN.

1. Duże maszyny za każdym razem przy puszczeniu w ruch, a małe silniki, co pewien czas, należy dokładnie *oczyszczyć!*

Z wnętrza kurzu wydmuchujemy mieszkciem z drewnianą dyszą lub odpowiednią sprężarką, można również stosować odkurzacz, wsysający powietrze, przez wsysanie jednak da się oczyścić tylko miejsca łatwo dostępne.

Po wydmuchaniu, resztę kurzu usuwamy pendzlem i ścierką. Szczególnie starannie należy oczyszczać twornik z obu stron komutatora oraz pierścienie ślizgowe, usuwając pył ze szczotek.

Dokładnie należy zetrzeć smar, który może przedostał się z łożyska. Powierzchnię komutatora najlepiej wytrzeć ściereczką płócienną, którą można owinąć na płaskim kawałku drewna.

Silniki znajdujące się w pomieszczeniach zakurzonych, a więc np. w warsztatach obrabiających drzewo, we młynach, w wytwórniach cementu, sortowniach węgla, oraz w fabrykach chemicznych należy czyścić często.

Należy pamiętać, że dla maszyn elektrycznych najniebezpieczniejszy jest kurz z węgla i opiłek metalowych, a szczególnie żelaznych. Lakierowane powierzchnie uzwojeń są narażone na szkodliwe działanie oleju, który zwykłe lakiery rozpuszcza; są jednak gatunki lakierów nierozpuszczalnych w oleju. Maszyny narażone na działanie chemikalii rozpylonych w powietrzu muszą mieć uzwojenia pokryte warstwą specjalnego lakieru wytrzymałego na ten rodzaj chemikalii, pod wpływem których będzie się on znajdował.

Jeżeli kurz przyłgnał mocno do powierzchni cewek, to należy go zmyć, stosując najlepszą benzynę, trzeba jednak czynić to ostrożnie, aby nie uszkodzić warstwy lakieru. Jeżeli ta warstwa częściowo zejdzie, to trzeba nanowo polakierować. Można do zmywania stosować czasem spirytus, natomiast *nie można* lakierowanych powierzchni zmywać wodą z sodą lub benzolem.

W ogóle należy pamiętać, że przez dokładne i dosyć częste czyszczenie maszyn elektrycznych unikamy wielu uszkodzeń i znacznych wydatków na naprawy.

2. Po oczyszczeniu należy *poprzykręcać wszystkie śruby* kontaktowe na obsadkach szczotkowych i we wszystkich innych miejscach, gdzie nieraz rozluźniają się od wstrząśnień tak na maszynie, jak na opornikach, wyłącznikach i bezpiecznikach.

Również należy sprawdzić, czy nie rozluźniły się śruby przymocowujące maszynę do fundamentu lub innej podstawy.

3. Od czasu do czasu rewidujemy *łożyska*.

Do łożysk używamy specjalnego *oleju do maszyn elektrycznych*; dolewamy go raz na tydzień, a co miesiąc zmieniamy zupełnie, przemywając łożyska naftą, jeżeli jednak panewki dobrze się przytarły i olej jest jeszcze klarowny, to wystarczy nieraz zmiana oleju w odstępach czasu dłuższych, nawet raz na rok.

Przy przemywaniu łożysk naftą należy naftę przelać kilka razy, aby wyciekła zupełnie czysta, a potem, nalewając świeżego oleju, przed tym przepłukać czystym olejem tyle razy, aby wyciekający olej nie miał zapachu nafty.

Jeżeli w ruchu maszyny olej wycieka, to niezwłocznie należy temu zapobiec.

W łożyskach smarowanych olejem obiegowym pod ciśnieniem, należy dbać o zachowanie ciśnienia od 1 do 2 Atm. i wystrzegać się dostania się do oleju wody chłodzącej. Jeżeli pomimo prawidłowego obiegu oleju łożysko grzeje się, należy olej zmienić. Taki olej powinien być pozbawiony kwasów i nie powinien mieć skłonności do tworzenia piany, powinien dobrze smarować przy dość wysokiej temperaturze: 60⁰ do 70⁰.

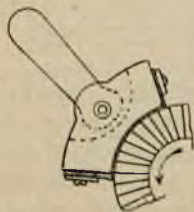
Łożysko kulkowe rewidujemy np. co miesiąc i w razie złego stanu kulek zamieniamy całe łożysko na nowe, zamiana pojedynczych kulek zwykle nie osiąga celu. Olej do smarowania łożysk kulkowych musi być pozbawiony kwasów. Aby sprawdzić, czy olej pod względem bezkwasowości nadaje się do smarowania łożysk kulkowych, można szmatkę nasyoną olejem owinąć wokoło pręta stalowego wypolerowanego i zostawić na przeciąg 48 godzin w powietrzu. Jeżeli powstaną plamy rdzy, to oliwa jest nieodpowiednia.

Przy rewizji łożysk należy zwrócić uwagę zarazem na *stan szczeliny pomiędzy stojanem i wirnikiem*. W razie wy-

rażnego zmniejszenia się szczeliny z jednej strony, skutkiem częściowego wytarcia panewek, zmieniamy panewki na nowe lub, gdy mamy łożyska na niezależnych stojakach, stosujemy inne środki do zachowania równomiernej szczeliny. Szczególnie na zmniejszenie się nadmierne szczeliny należy zwracać uwagę w silnikach asynchronicznych, gdzie ta szczelina jest bardzo mała.

4. *Komutator i pierścienie ślizgowe* maszyn wymagają specjalnego pielęgnowania. W maszynach dużych za każdym razem po zatrzymaniu, w silnikach małych np. co miesiąc przezywamy komutator płóciennym gałgankiem zwilżonym benzyną. Gdy szczotki są węglowe, należy unikać smarowania komutatora jakimkolwiek smarem, wyjątkowo tylko, gdy skrzypią, można zlekka przetrzeć komutator gałgankiem płóciennym skąpo nasyconym wazeliną. Smarowania wazeliną wymagają komutatory i pierścienie ze szczotkami metalowymi. Powierzchnia komutatorów i pierścieni powinna być nie tylko czysta błyszcząca jak polerowana, ale i prawidłowa walcowa (cylindryczna), równa i gładka.

Jeżeli wskutek tarcia nierównomiernego i nierównomiernej twardości materiału powstały niewielkie nierówności, to usuwamy je szlifowaniem za pomocą klocka drewnianego, p. rys. 52, zaopatrzonego w kawałek płótna szmerglowego lub karborundowego dość miękiego. Płótno powinno szczelnie przylegać do wklęsłej powierzchni klocka przystosowanej do



Rys. 52.

Szlifowanie komutatora za pomocą klocka drewnianego.



Rys. 53.

Komutator z mikią, wystającą ponad jego powierzchnię.

średnicy komutatora. Szlifować komutator można tylko na zimno, gdy ostygł po pracy, gdyż w komutatorach szlifowanych na gorąco zeszlifowują się więcej wycinki miedziane, niż mika, która po tym po ostygnięciu komutatora wystaje, p. rys. 53, wskutek znaczniejszego kurczenia się wycinków miedzianych.

Jeżeli nierówności nie można usunąć szlifowaniem, obtaczamy komutator ostrym krótko ujętym nożem tokarskim lub toczkiem (tarczą szmerglową). Toczek umieszczamy tak, aby wiórki spadały nadół i kierunek biegu toczka zgadzał się z kierunkiem biegu komutatora, który musi obracać się z prędkością taką samą, jak przy pracy maszyny. Obtoczony komutator szlifujemy, wiórki skrętnie zmiatamy, a pył wydmuchujemy.

Mika izolująca od siebie wycinki komutatora jest nieraz twardsza od miedzi i skutkiem tego z czasem wystaje po nad powierzchnię komutatora, wtedy usuwamy wystające części szlifowaniem lub wyskrobywaniem ostrym nożem lub specjalną frezarką, zazwyczaj wystarcza wykrobać na głębokość kilku dziesiątych części milimetra. Krawędzie wycinków komutatora lekko zaokrąglić.

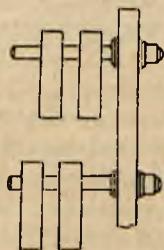
Przy obtaczaniu komutatora stosujemy szybkość obwodową od 60 do 90 m/min., gdy mika już jest wyfrezowana, i tylko 30 m/min., gdy obok miedzianych wycinków mamy na powierzchni mikę; posuw noża nie powinien wynosić więcej, jak 0,1 mm na jeden obrót.

Pierścienie ślizgowe należy od czasu do czasu zlekka nasmarować wazeliną, szczególnie, gdy spostrzeżemy znaczne zużycie szczotek.

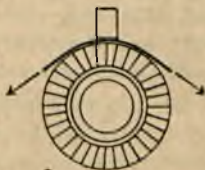
W maszynach synchronicznych, gdy szczotki na pierścieniach zlekka iskrzą, to pierścień ujemny, gdzie prąd wychodzi, podlega silniejszemu nagryzaniu, niż pierścień dodatni. Jeżeli przez zmianę nacisku szczotek, rodzaju materiału szczotek i smarowanie iskrzenia nie można usunąć, to należy często zmieniać kierunek prądu.

5. *Szczotki* na komutatorze muszą być prawidłowo rozstawione, odległości między szczotkami sąsiednich biegunów muszą być równe, a dla rozłożenia równomiernego tarcia w ma-

szynach wielobiegunowych, pierwsze dwa rzędy ustawia się przesunięte względem dwóch następnych, p. rys. 54.



Rys. 54.
Rozstawienie szczotek.



Rys. 55.
Szlifowanie nowych
szczotek.

W obsadkach szczotki zwykle zakłada się luźno, tak aby miały grę w kierunku równoległym do wału maszyny od 0,2 do 0,5 mm, a w poprzek, dla szczotek szerokości do 16 mm, od 0,1 do 0,3 mm i od 0,15 do 0,4 mm dla szczotek mających szerokość powyżej 16 mm.

Przed założeniem szczotek należy sprawdzić izolację pomiędzy sworzniami i trzymadłem, zanieczyszczone obsadki i szczotki miedziane zmywamy benzyną, a powierzchnie styku oczyszczamy papierem szmerglowym. Po założeniu szczotek sprawdzamy styk szczotek z powierzchnią komutatora, która musi do szczotek szczelnie przylegać. Nowe szczotki węglowe przyszlifowujemy papierem szmerglowym, p. rys. 55, następnie puszczamy maszynę w ruch bez obciążenia dla ostatecznego dotarcia szczotek.

Na szczotkach metalowych zapomocą pilnika i nożyczek usuwamy wystające, zadarte i postrzępione druciki lub blaszki.

Wreszcie doregulowujemy *nacisk* szczotek, tak aby był pewny kontakt między komutatorem czy pierścieniem a szczotkami, nie wywołując nadmiernego tarcia i grzania się, zwykle wystarcza 200 g na cm². Przy dużych maszynach sprawdzamy nacisk zapomocą małego *siłomierza* sprężynowego (dynamometru).

Zastępując szczotki zużyte nowymi, należy zwracać uwagę, aby materiał i wymiary nowych szczotek były takie same, jak szczotek starych. Jeżeli chcemy zmienić rodzaj szczotek, to zaleca się przedtym porozumieć się z wytwórnią, gdzie wykonano maszynę.

6. *Wszystkie naprawy przy maszynach należy dokonywać z reguły po odłączeniu* maszyny na wszystkich biegunach od przewodów pod napięciem, aby uniknąć porażenia prądem.

7. *W rozrusznikach i oporach regulacyjnych chłodzonych olejem, należy dbać o to, aby druty oporowe były zawsze w nim pogrążone, w rozrusznikach zaś wodnych, aby była odpowiednia ilość roztworu sody, oraz odpowiednia ilość sody w wodzie.*

Dla orientacji, jaki wpływ na opór rozrusznika wodnego ma zawartość sody w wodzie, przytaczamy zmianę oporu pewnego opornika w miarę dodawania sody.

Opór w omach	8,5	4,5	3,5	1,4	0,7	0,5	0,45
Zawartość sody w %	0,2	0,4	0,5	1,0	2	3	4

Szczególnie szybko maleje opór przy dosypywaniu sody w granicach od 0,2 do 0,5%.

Aby soda nie wykryształizowała się na krawędziach naczyń, smarujemy je waseliną.

Pozatym należy sprawdzać w opornikach od czasu do czasu stan kontaktów i łapek, w razie potrzeby należy kontakty przeszlifować i łapki docisnąć.

Nastawniki powinny tak lekko się obracać, aby z chwiejnego położenia między dwoma stopniami same wpadały w położenie stałe na stopniu poprzednim lub następnym.

Opory narazone na wstrząśnienia należy sprawdzać na całość, gdyż tu zachodzą łatwo pęknięcia i przerwy.

Nie należy obawiać się *wysokiej temperatury* powietrza uchodzącego z oporników, dopuszczalna jest temperatura 150⁰

na odległości 5 cm od powierzchni opornika. Zaleca się sumienne *oczyszczanie* oporników od kurzu i t. p.

Jeżeli jest obawa zetknięcia się drutów oporowych w oporniku, to należy je zabezpieczyć od zetknięcia odpowiednią wkładką z azbestu lub umocować druty na izolatorach porcelanowych i t. p.

Oporniki przeznaczone tylko do rozruchu *nie wytrzymują* dłuższego zatrzymywania korbki na kontaktach pośrednich, należy więc pamiętać o dopilnowaniu robotników obsługujących silniki, aby przestrzegali odpowiedniego stopniowego, jednak nie zbyt powolnego, przesuwania korbki rozrusznika.

§ 29. NIEDOKŁADNOŚCI W PRACY MASZYN.

1. Obsługując maszyny, należy je sumiennie *badać w biegu*, należy zwrócić uwagę na stan łożysk, komutatorów i pierścieni, szczotek, temperaturę wirnika i stojana, oporników, kół pasowych itd.; zauważone przy tym niedokładności bywają rozmaite, podajemy je dalej, wskazując jednocześnie na sposoby ich naprawienia*).

2. *Prądnica prądu stałego samowzbudna nie daje napięcia*. Przyczyną być może *zły kontakt* szczotek na komutatorze; próbujemy przycisnąć szczotki, dotykając przez izolację palcami, jeżeli to nie wystarcza, należy w razie potrzeby wyskrobać mikę i dobrze oczyścić komutator, sprawdzamy również położenie szczotek. Następnie sprawdzamy *kierunek obrotów* prądnicy i próbujemy przełączyć połączenie uzwojenia magnesu z twornikiem, oraz sprawdzamy połączenie opornika regulacyjnego. Gdy to wszystko zawiedzie, próbujemy wzbudzić prądnicę obcym prądem; jeżeli tą drogą nie uzyskamy normalnego napięcia, to szukać należy uszkodzenia w uzwojeniu magnesu lub w tworniku, przerwa w tworniku ujawni się iskrzeniem na komutatorze, a *zwarcie w tworniku* — zagrzaniem się części uzwojenia i spalenizną.

Przerwa w uzwojeniu magnesu ujawnia się w braku

*) Patrz książkę B. Gimbuta: Uszkodzenia i niedokładności w maszynach prądu stałego i zmiennego.

prądu magnesującego, a zwarcie poszczególnych cewek można wykryć, mierząc pod prądem napięcie na poszczególnych cewkach, na cewce zwartej napięcie będzie najmniejsze.

3. *Zbyt wielki spadek napięcia przy obciążeniu* może powstać skutkiem nadmiernego zwalniania biegu silnika napędowego, skutkiem złego położenia szczotek, szczególnie w prądnicach z biegunami zwrotnymi.

W maszynach szeregowo-bocznikowych powodem niewłaściwego napięcia może być uzwojenie szeregowie na magneśnicy, może za mało ma zwojów, czy też opornik równoległy do tego uzwojenia jest źle nastawiony, albo wreszcie uzwojenie szeregowie jest źle włączone w obwód.

W maszynach na wielkie prądy magnesujący wpływ mają również przewody, łączące zaciski prądnicy ze szczotkami i z uzwojeniami szeregowymi na biegunach głównych lub komutacyjnych. Mogą więc one wywołać nadmierny wzrost lub spadek napięcia.

4. *Równoległa praca prądnic nieprawidłowa.* Rozdział obciążenia będzie chwiejny, jeżeli wzbudzanie jest chwiejne, skutkiem złych kontaktów w obwodach magnesujących. Nieprawidłowy rozkład obciążeń przy zmianach obciążenia bywa skutkiem nierównych spadków sił elektromotorycznych i napięć w prądnicach lub skutkiem nierównych spadków szybkości wirowania silników napędowych przy wzroście ich obciążenia.

5. *Rozmagnesowanie lub przemagnesowanie wzbudnicy* prądnicy prądu zmiennego zdarza się skutkiem szybkiego przzerwiania a następnie zamknięcia obwodu magnesującego wzbudnicy, wtedy wolno malejący strumień magnetyczny magneśnicy prądnicy prądu zmiennego wytwarza znaczną siłę elektromotoryczną samoindukcji, która daje prąd płynący w odwrotną stronę w uzwojeniu magneśnicy wzbudnicy. Po przzerwaniu obwodu magneśnicy można wzbudnicę ponownie włączyć dopiero po upływie 10 do 30 sekund.

6. *Prądnica prądu zmiennego nie daje napięcia.* Niema prądu w obwodzie wzbudzającym skutkiem uszkodzenia prądnicy wzbudzającej, wtedy ona nie daje napięcia, albo też napięcie jest, to przerwa lub zwarcia w obwodzie wzbudzającym

prądnicę prądu zmiennego. Może poza tym zająć przypadek, że cewki magnesu są źle połączone, tak np. że wszystkie bieguny są tego samego znaku np. północne. Może być przerwa w uzwojeniu twornika lub też niewłaściwe połączenie poszczególnych gałęzi uzwojenia, przy którym siły elektromotoryczne znoszą się.

7. *Prądnicę prądu zmiennego daje napięcie niepełne.* Zwarcie lub odwrotne połączenie części uzwojenia twornikowego lub magnesu. Brzęczenie i zapach spalenizny ujawnia zwarcie w zwojach twornikowych.

Jeżeli przy tym napięcie poszczególnych faz jest jednakowe, to wada jest w uzwojeniu magnesu, jeżeli natomiast wada jest w uzwojeniu twornika, to napięcia zazwyczaj będą nierówne.

8. *Przetwornica jednotwornikowa nie daje się prawidłowo puścić w ruch.* Jeżeli przetwornica ma napęd za pomocą osobnego silnika, to przyczyn należy szukać w silniku. Jeżeli przetwornicę puszcza się wprost od prądu zmiennego, to może być zaniskie napięcie rozruchu, które powinno wynosić od 20 do 30% napięcia normalnego w biegu. Napięcie może być za niskie skutkiem włączenia niewłaściwych zaczepów transformatora, albo znacznego indukcyjnego spadku napięcia w przewodach, dla uniknięcia tego należy przewody różnych biegunów prowadzić jak najbliżej do siebie. Ponadto przewody mogą być poprzemieniane, mogą być źle styki w przewodach doprowadzających lub w uzwojeniu tłumiącym, zwartym magnesu.

Przy puszczeniu w ruch jednotwornikowej przetwornicy nie daje się osiągnąć *synchronizacji* zwykle skutkiem uszkodzenia w obwodzie wzbudzającym magnesu lub zbyt wielkiego oporu uzwojenia zwartego na magnesu.

9. *Przy rozruchu, indukowane napięcie przebija izolację uzwojenia wzbudzającego przetwornicy jednotwornikowej,* gdy w tym czasie uzwojenie nie jest zwarte. Najlepiej zwierzać przez opornik regulacyjny, w którym korbka jest ustawiona na bieg normalny.

10. *Biegunowość ze strony prądu stałego w przetwornicy jednotwornikowej jest nieodpowiednia.* Należy próbami osią-

gnąć biegunowość właściwą, przerywając na chwilkę i znowu włączając prąd zmienny, można również na chwilę zmienić kierunek prądu w magneśnicy, zaraz wracając do kierunku poprzedniego.

11. *Przetwornica jednotwornikowa może rozbiegać się*, jeżeli wyłączy wyłącznik łączący transformator przetwornicy z siecią prądu zmiennego, a przetwornica pracuje z innymi źródłami prądu stałego równolegle. Tłumaczy się to rozmagnesowującym działaniem prądu, płynącego przez przetwornicę do transformatora, który pozostał przyłączony do przetwornicy. Dla uniknięcia rozbiegania się, można wyłącznik po stronie prądu stałego sprząc z wyłącznikiem po stronie prądu zmiennego, aby razem wyłączały, albo zastosować specjalne urządzenie samoczynne, wyłączające przetwornicę po stronie prądu stałego w razie przekroczenia dopuszczalnej szybkości biegu.

12. *Przetwornica jednotwornikowa równolegle pracująca z innymi źródłami prądu stałego bierze na siebie nadmierne obciążenie*. Dla uniknięcia tego należy dać na magneśnicy trochę zwojów szeregowych rozmagnesowujących.

13. *Silnik prądu stałego nie rusza*. Jeżeli silnik nie rusza bez obciążenia, to mogą być przepalone bezpieczniki, szczotki nie mają dobrego styku z komutatorem, lub na niewłaściwym miejscu są ustawione, jest może przerwa w przewodach, albo w połączeniach, gdzie rozluźniły się śrubki kontaktowe i zanieczyściły się styki, czy też powstała przerwa w rozruszniku. Pozatym mogą być przerwy lub zwarcia wewnątrz uzwojenia magneśnicy czy też twornika.

Jeżeli silnik rusza bez obciążenia, a przy obciążeniu nie rusza, to w bocznikowym silniku najprawdopodobniej źle jest przyłączony rozrusznik — tak, że prąd do magneśnicy odgałęzia się za oporem rozruchowym i przez to prąd w uzwojeniu magneśnicy za mały i magneśnica jest za słabo namagnesowana. A może źle połączenie uzwojenia biegunów zwrotnych, czy odwrotnie włączone szeregowo zwoje na biegunach głównych.

Jeżeli *szczotki* są ustawione w *niewłaściwym* miejscu, to w silnikach bocznikowych zdarzyć się może, że skutkiem cofnięcia wstecz szczotek z położenia właściwego, silnik słabo

wzbudzany po osiągnięciu niewielkiej szybkości zostanie zahamowany i zacznie obracać się w stronę przeciwną. Poza tym przyczyną małej siły obrotowej silnika mogą być zwarcia w uzwojeniu magneśnicy, czy też nie wszystkie cewki magneśnicy przyłączone, albo też są zwarcia w uzwojeniu twornika lub przy komutatorze.

Zwarcia w tworniku łatwo wykryć, puszczając prąd do magneśnicy tylko i obracając ręką twornik, zwarcie poznajemy przez to, że gdy nie ma prądu w magneśnicy, to twornik obracać lekko, a gdy prąd jest w magneśnicy, to twornik obracać ciężko, gdyż wtedy pod wpływem pola magnetycznego tworzą się w zwartych uzwojeniach twornika prądy indukowane tego rodzaju, że oddziaływanie magneśnicy na przewody z tymi prądami hamuje ruch.

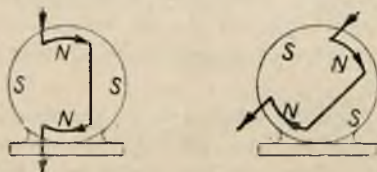
Poza tym jeżeli obciążony silnik nie rusza, to może gdzie jest zatarcie w silniku, czy to w łożyskach, lub wirnika o stojan, może coś wpadło w szczelinę między wirnikiem i stojanem, wreszcie może być zatarcie lub inne uszkodzenie w mechanizmie napędzanym.

14. *Silnik asynchroniczny trójfazowy nie rusza.* Jeżeli silnik nie rusza bez obciążenia, to mogą być przepalone bezpieczniki wszystkie lub tylko jeden. Jeżeli przepalony jest jeden bezpiecznik, to silnik burczy, poza tym może być przerwa w uzwojeniu stojana lub odwrotne połączenie niektórych faz, koniec zamiast początku, początek zamiast końca.

Brak prądu w jednej fazie świadczy o przerwie, zaś nierówność prądów o odwrotnym połączeniu.

Jeżeli nie jesteśmy pewni, gdzie jest początek, a gdzie koniec fazy, to rozłączamy połączenia i badamy lampką lub dzwonkiem pary poszczególnych zacisków i w ten sposób przekonywamy się, które zaciski należą do jednej fazy; następnie dla jednej fazy oznaczamy dowolnie początek i koniec i puszczamy z baterii kieszonkowej czy z akumulatora prąd, przyłączając (+) do początku, a (—) do końca i badamy igielką magnesową (kompasem), gdzie na stojanie powstał N , a gdzie S , następnie przełączamy prąd na inną fazę, włączając (+) i (—) w ten sposób, aby układ biegunów wypadł taki sam, jak po-

przednio, p. rys. 56, wtedy (+) przyłączony do początku a (—) do końca.



Rys. 56. Ustalanie początku i końca fazy.

Gdy połączenia są dobre i prąd mamy we wszystkich fazach, to może uzwojenie wirnika ma przerwę, albo rozrusznik, czy przewody łączące rozrusznik ze szczotkami, a może tylko szczotki źle przylegają do pierścieni albo śruby kontaktowe rozluźnione, czy też łapki korbki rozrusznika źle przylegają do kontaktów. Wreszcie może wirnik opuścić się skutkiem wytarcia panewek i zatarł się w stojanie.

Jeżeli silnik rusza bez obciążenia, a nie rusza przy obciążeniu, to przyczyną bywa zbyt niskie napięcie nieraz skutkiem nadmiernego spadku napięcia w przewodach, albo w rozluźnionych stykach bezpieczników i wyłączników, albo też połączenie w gwiazdę uzwojenia stojana, gdy przewidziane jest połączenie w trójkąt. Może być również nieodpowiedni opornik rozruchowy, albo nadmierne obciążenie silnika przez zatarcie lub inne uszkodzenie mechanizmu napędzanego.

15. *Silnik asynchroniczny trójfazowy nie da się należycie obciążyć.* Silnik powinien wirować z odpowiednim poślizgiem przy znamionowym obciążeniu, a poza tym przewyżczać krótkotrwałe odpowiednie przeciążenie bez zatrzymania; jeżeli dobrze zbudowany silnik nie wykazuje tych własności, to zwykle przyczyną jest zbyt niskie napięcie prądu zasilającego, czy też połączenie w gwiazdę zamiast w trójkąt, albo wreszcie nieodpowiedni opór regulacyjny, gdy praca odbywa się przy oporniku włączonym do wirnika.

16. *Silnik przy pełnym obciążeniu ma niewłaściwe obroty.* W silnikach prądu stałego: niewłaściwe położenie szczotek.

zwarcie w oporniku lub w uzwojeniu magnesu, napięcie prądu nieodpowiednie.

W silnikach prądu *trójfazowego*: nieodpowiednie napięcie prądu lub jego częstotliwość albo nieodpowiedni opór w wirniku.

17. *Silne wahania prądu* pobieranego przez silnik mogą być wywołane wahaniami obciążenia lub niewłaściwym stanem przekładni mechanicznej lub silnika. Może ślizga się pas, lina czy sprzęgło tarciove, albo w silniku są złe styki w obwodzie wirnika lub stojana, szczególnie niebezpieczna jest niedokładność styków w obwodzie magnesującym silników bocznikowych. Szkodliwe wahania prądu łatwo wywołuje również zły styk szczotek na komutatorze, np. skutkiem dostawania się pod szczotki kurzu.

18. *Nieodpowiedni rozdział obciążenia* na kilka silników, napędzających ten sam mechanizm, powstać może skutkiem niewłaściwego dobrania przekładni i nieodpowiedniej zmiany momentu obrotowego tych silników przy zmianie szybkości biegu. Jeżeli przekładnie są jednakowe i silniki mają biec z jednakową szybkością, to muszą mieć takie własności, aby te same zmiany momentów obrotowych tych silników odpowiadały tym samym zmianom szybkości biegu we wszystkich silnikach.

19. *Zagrzenie uzwojeń maszyny*. Maszyny elektryczne nie mogą się grzać powyżej przewidzianych w przepisach norm.

Najłatwiej wyznaczyć temperatury różnych części maszyny termometrem, przykładając zbiornik termometru owinięty cynfolią w odpowiednim miejscu i zakrywając go watą lub czystym. Należy poczekać z odczytem, aż słupki rtęci niemal przestanie się podnosić.

Przy pomiarach w bardzo silnych polach magnetycznych, lepiej używać termometru spirytusowego, aby uniknąć wpływu prądów wirowych w rtęci. Jeżeli temperatura uzwojenia jest nadmierna, to przyczyny tego mogą być różne.

Maszyny grzeją się, gdy są przeciążone lub są zbyt długo obciążone, jeżeli znamionowe obciążenie jest dorywcze. Uzwojenia mogą się grzać, jeżeli w uzwojeniach przesyconych lakierem powstaną szczeliny wypełnione powietrzem.

Wszystkie maszyny zagrzewają się nadmiernie, gdy przewietrzanie jest niewłaściwe. Nie można maszyn elektrycznych zamykać w szczelne pudełka bez przewietrzania. Powietrze chłodzące nie może być za ciepłe. Wytwórnia zwykle przewiduje, że przy znamionowej pracy maszyny będzie odpowiednie przewietrzanie.

Twornik prądniczy prądu stałego zagrzewa się, gdy jest zwarcie w uzwojeniu wywołane uszkodzeniem mechanicznym, wilgocią, oliwą, która rozpuszcza izolacyjne materiały; zwarcie może być również między działkami komutatora z pyłu miedzianego czy węglowego. Najłatwiej zwarcie poznamy po zapachu spalenizny od spalającej się powłoki izolacyjnej. Uzwojenie częściowo zwarte musi być przejrzane, zwoje z izolacją zwęgloną zastąpione nowymi. Zagrzanie uzwojenia może pochodzić także od komutatora, który iskrzy. Przeciążenie prądniczym nadmiernym prądem oddawanym do odbiorników oczywiście również prowadzi do przegrzania twornika. Uzwojenie twornika może zażrać się i przy znamionowym obciążeniu, jeżeli prąd rozgałęzia się wewnątrz twornika nieodpowiednio np. skutkiem opuszczenia się wału i nierównej szczeliny pomiędzy twornikiem i magneśnicą.

Magneśnica prądniczy zagrzewa się wskutek nadmiernego prądu w uzwojeniu, zdarza się to wtedy, gdy niedostateczna jest prędkość biegu prądniczy i dla otrzymania odpowiedniego napięcia trzeba nadmiernie zwiększać prąd magnesujący.

Prądnicza prądu zmiennego grzeje się w razie zwarcia w uzwojeniach twornika, nadmiernego prądu w magneśnicy i przeciążenia prądem odbiorników.

Silnik prądu stałego zagrzewa się wtedy, jeżeli jest zwarcie w wirniku, poznamy to po nierównomiernym biegu szarpanym, albo komutator iskrzy, czy silnik przeciążony.

Silnik prądu trójfazowego zagrzewa się wtedy, gdy za niskie jest napięcie prądu, poślizg za wielki, nieodpowiednie włączenie w gwiazdę zamiast w trójkąt. Może się zdarzyć także, że jeden bezpiecznik przepalił się, silnik wtedy biegnie jako jednofazowy i nadmiernie burczy.

Komutatory i pierścienie prądnic i silników zagrzewają się skutkiem iskrzenia, zbyt silnego nacisku szczotek i nieodpo-

wiedniego gatunku szczotek, oraz nadmiernego obciążenia prądem.

Szczotki twarde mogą być obciążane tylko 5 do 7 A na 1 cm² powierzchni styku, lekko grafitowane od 8 do 9 A.

Szczotki ze znaczną zawartością grafitu mogą być obciążane prądem od 10 do 12 A na cm² powierzchni styku szczotki. Szczotki węglowometalowe mogą być obciążane prądem więcej od 15 do 30 A na cm² styku. Szczotki małe mogą być obciążane na 1 cm² więcej niż duże. Zawsze należy stosować rodzaj szczotek przewidziany przez wytwórnę budującą maszynę. Jeżeli poszczególne wycinki komutatora mają ciemne plamy na krawędzi schodzącej ze szczotki, to przeważnie są uszkodzone połączenia wycinków komutatora z uzwojeniem.

20. *Iskrzenie komutatorów.* Na schodzących krawędziach szczotek powstają jasne iskry pod wpływem różnych przyczyn. Maszyna jest przeciążona.

Komutator zanieczyszczony i nierówny, wystaje mika.

Takie mechaniczne przyczyny łatwo ujawnić, przyciskając palcami szczotki przez izolację, iskrzenie powinno się zmniejszyć.

Poza tym mogą być szczotki źle ustawione, na niewłaściwym miejscu, odległość pomiędzy szczotkami poszczególnych sworzni niejednakowa, niewłaściwy materiał szczotek, nie dostateczna liczba szczotek na sworzniu, nieodpowiedni nacisk szczotek.

Poza tym iskrzenie wywołuje również przerwa w wirniku, wycinki komutatora, gdzie jest przerwa, nadtapiają się; możemy jakiś czas korzystać z maszyny, unikając iskry, przez zwarcie nadtopionych działek komutatora między sobą*).

Iskrzenie na szczotkach wywołuje nieodpowiedni kierunek prądu w uzwojeniu biegunów zwrotnych, który ma wpływ na znak tych biegunów, oraz nieodpowiednia liczba zwojów i odległości powierzchni biegunowych od twornika.

Aby nie było iskry, musi być właściwe obciążenie szczotek prądem; szczotki iskczą, gdy rozdział prądu między szczotki nie jest równomierny.

*) Szczegóły patrz w książce Gimbuta.

Bardzo nierównomierny rozkład prądu otrzymamy w razie zwarcia w uzwojeniu niektórych biegunów magniesnicy. Cewka na tym biegunie, gdzie jest zwarcie, będzie *chłodniejsza* od innych. Wreszcie iskrzenie na szczotkach powstaje przy nadmiernej prędkości obrotu prądnic czy silników, gdyż wtedy pole magnetyczne magniesnicy jest słabsze od normalnego i bardziej odkształcone pod wpływem pola twornika, co powoduje nie-normalne warunki komutacji czyli zwrotu prądu w uzwojeniach twornika pod szczotkami, a stąd iskrzenie. Należy więc przestrzegać zawsze utrzymania prędkości biegu znamionowej.

21. *Zagrzanie łożysk.* Temperaturę łożysk wprawny monter sprawdzić może, przykładając rękę, dokładnie wyznaczamy temperaturę termometrem, którego zbiornik najlepiej pogrążyć do oleju w łożysku. Jeżeli jest to niemożliwe, w takim razie owinięty cynfolią albo cienutką blaszką ołowianą zbiorniczek termometru przykładamy do łożyska i przykrywamy czyściwem.

Według przepisów, największy dopuszczalny przyrost temperatury łożysk względem otoczenia wynosi 45° , więc np. jeżeli otaczające powietrze ma 25° , to łożysko może ogrzać się do $25^{\circ} + 45^{\circ} = 70^{\circ}$.

Zagrzewanie się łożysk powyżej dopuszczalnej temperatury bywa najczęściej z powodu niedostatecznego smarowania, które może być wywołane zbyt małą ilością oleju, nieprawidłowym działaniem pierścieni, które mogą być wykrzywione i nie wirują należycie z wałem, albo są mało zanurzone.

Przyczyną zagrzewania się może być również nieczysty olej, wtedy olej wylewamy, przemywamy panewki, posypujemy zleka mialkim grafitem i nalewamy świeżego oleju w najlepszym gatunku.

Mogą być jeszcze zaciasne panewki, nierówne ustawienie maszyn, zsuwanie się źle zamocowanego sprzęgła, nadmierne wyprężenie pasa. Może być także zły metal zastosowany do wylania panewek.

22. *Z łożysk wypryskuje olej.* Łożyska są za pełno nalane olejem. Zazwyczaj w łożyskach jest otwór wskaźnikowy i według poziomu oleju w tym otworze należy zawsze łożyska napełniać.

Mogą być niewłaściwe wymiary lub kształt pierścieni, które w razie potrzeby należy zmienić. Może się jeszcze zdarzyć, że strumień powietrza, wywołany ruchem wirowym wirnika, wysysa, lub wydmuchuje olej z łożysk, wtedy przez odpowiednie osłony można zmienić kierunek strumienia powietrza. Należy pamiętać, że od oleju należy chronić izolację uzwojeń, gdyż olej rozpuszcza lakiery izolacyjne.

23. *Zagrzewa się koło pasowe i pas.* Przyczyna — pas ślizga się po kole, zdarzyć się to może skutkiem zbyt słabego wyprężenia pasa lub zbyt małego obchwytu na kołach.

24. *Wirnik maszyny drga.* O ile drgania nie przenoszą się od innych maszyn sprzęgniętych z wirnikiem maszyny elektrycznej, to przyczyn należy szukać w niedokładnym wyważeniu wirnika, lub też w okresowo zmiennych obrotach np. w jedno-fazowych maszynach synchronicznych. Odpowiedniej wagi fundament, do którego jest dobrze przymocowana maszyna, może wpłynąć na zmniejszenie drgań. Drgania oczywiście powstać mogą również skutkiem różnych uszkodzeń np. niesymetrii sił magnetycznych, powstającej przy uszkodzeniu części uzwojenia, wygięcia wału, nierównego zużywania się komutatora, przesuwania się uzwojeń niedość dokładnie zamocowanych, albo też rozluźnienia się zamocowania na wale różnych części wirnika, koła pasowego itd.

Źle osadzone sprzęgła i niedokładność ustawienia sprzęgniętych wałów oraz źle sklejone pasy i niedokładnie wykonana przekładnia łańcuchowa lub zębata również wywołują drgania wirników.

§ 30. USUWANIE ZAKŁÓCEŃ ODBIORU RADIOWEGO.

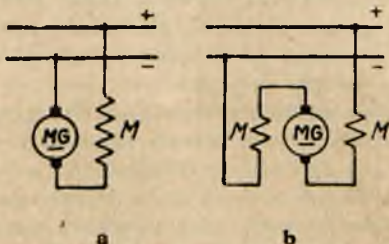
1. Komutator i szczotki należy utrzymywać w jak najlepszym stanie.

2. Maszyna musi mieć symetryczny układ uzwojeń, p. rys. 57.

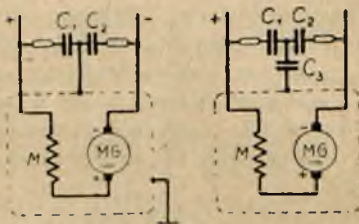
3. Włączać kondensatory z bezpiecznikami, p. rys. 58, albo kondensatory i cewki indukcyjne, p. rys. 59.

Wielkość kondensatorów dobieramy, próbując kondensatory C_1 i C_2 o pojemności od 0,1 do 2 mikrofaradów, C_3 o pojem-

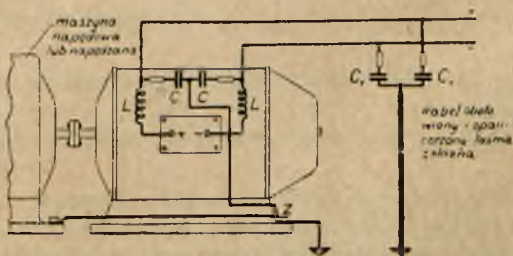
ności 0,005 mikrofarada, cewki dobieramy o indukcyjności od 0,1 do 0,5 milihenrów. Szczegóły patrz „Wiadomości Elektrotechniczne” rocznik 1935.



Rys. 57. Układ uzwojeń,
a — niesymetryczny, b — symetryczny.



Rys. 58. Układy kondensatorów.
Kadłub uziemiony. Kadłub nieziemiony.



Rys. 59. Układ kondensatorów i cewek indukcyjnych.

§ 31. RODZAJE TRANSFORMATORÓW.

1. *Transformatory zwykłe* mają dla każdej fazy dwa uzwojenia od siebie elektrycznie izolowane.

2. *Transformatory jednouzwojeniowe* (autotransformatory) mają dla każdej fazy jedno uzwojenie podzielone na części, z których jedna jest wspólna dla obwodu zasilanego i zasilającego. Stosuje się wtedy, gdy różnica napięć jest niewielka. W urządzeniach wysokiego napięcia zazwyczaj różnica nie większa od 25%.

Używane są na przykład do rozruchu i regulacji silników prądu zmiennego, do obniżenia lub do podwyższenia napięcia w celu np. zastosowania lampy łukowej itp. Są mniejsze i tańsze od transformatorów o dwóch uzwojeniach.

3. Transformatory *wielouzwojeniowe* mają po kilka izolowanych od siebie uzwojeń na fazę.

4. *Transformatory dodawcze* mają dwa uzwojenia izolowane dla każdej fazy, służą dla podwyższenia lub obniżenia napięcia sieci zasilającej odbiorniki.

5. *Transformatory prądowe* (szeregowe) mają dwa uzwojenia od siebie izolowane, uzwojenie pierwotne tych transformatorów włącza się w obwód w szereg z odbiornikami.

6. *Transformatory regulacyjne* mają dwa uzwojenia, z których jedno względem drugiego przesuwają się lub obracają.

§ 32. NAZWY UZWOJEŃ TRANSFORMATORÓW.

1. Uzwojeniem *pierwotnym* nazywamy uzwojenie, pobierające energię elektryczną.

2. Uzwojeniem *wtórny* nazywamy uzwojenie, oddające energię elektryczną.

3. Uzwojeniem *górnego* napięcia nazywamy uzwojenie przyłączone do sieci napięcia wyższego.

4. Uzwojeniem *dolnego* napięcia nazywamy uzwojenie przyłączone do sieci napięcia niższego.

5. W przypadku gdy transformator ma więcej niż dwa uzwojenia np. dla prądów o napięciu 30000 V, 6000 V i 400 V, to każde z uzwojeń nazywa się według odpowiedniego napięcia np. uzwojeniem na 30000 V itd.

§ 33. PRZEKŁADNIA TRANSFORMATORÓW.

1. Przekładnią zwykle nazywamy stosunek liczby zwojów uzwojenia górnego napięcia do liczby zwojów uzwojenia dolnego napięcia, przy uwzględnieniu przepisanego układu połączeń, a przy transformatorach obrotowych — odpowiednich współczynników uzwojenia.

W przybliżeniu przekładnia równa się stosunkowi napięć górnego i dolnego przy pracy jałowej, gdy transformator żadnej energii na sieć nie oddaje.

Przykład. Jedno uzwojenie ma 2000 zwojów, drugie 80 zwojów. Napięcie niższe 120 V.

Przekładnia będzie: $2000 : 80 = 25$.

Wyższe napięcie: $120 \times 25 = 3000$ V.

W transformatorach regulacyjnych jednak stosunek napięć zależy od położenia wzajemnego uzwojeń.

2. *Stopnie przekładni.* Dla dokładniejszego dobrania napięcia dla sieci wtórnej, transformatory mają zwykle tak zwane *zaczepy*, tj. zaciski połączone z odgałęzieniami od kilku miejsc uzwojenia, które pozwalają korzystać zarówno z pewnej części uzwojenia lub z całości. Zaczepami można zmieniać przekładnie zazwyczaj w granicach od 4 do 10%. Zależnie od tego, które zaczepy są połączone, mamy różne stopnie przekładni.

Np. Przy podanej przekładni transformatora

$$6000 \pm 5\%/3000 \text{ V}$$

mamy zaczepy na 6300 V, 6000 V i 5700 V, tu stopień przekładni 6000/3000 nazywamy stopniem znamionowym przekładni.

§ 34. OKREŚLENIE POJĘCIA MOCY TRANSFORMATORÓW.

1. *Moc czynna* oddana lub pobrana przez transformator stanowi iloczyn odpowiedniego napięcia U , prądu J i współczynnika mocy $\cos \varphi$.

Przy prądzie jednofazowym

$$UJ \cos \varphi$$

Przy prądzie trójfazowym

$$1,73 \cdot U J \cos \varphi$$

w kilowatach (kW) albo watach (W).

2. *Moc pozorna* jest iloczynem:

dla prądu jednofazowego

$$U J$$

dla prądu trójfazowego

$$1,73 \cdot U J$$

w kilowoltoamperach (kVA) albo woltoamperach (VA).

Dla transformatorów jednofazowych i dodatkowych wyróżniamy dwa rodzaje mocy:

3. *Mocą przewodnią* jest moc w sieci mierzona przed transformatorem.

Mocą własną jest część mocy przewodniej, która odpowiada różnicy napięć obwodu zasilającego i zasilanego. (Przy transformatorach obrotowych połowie największej różnicy napięć).

Na przykład. Transformator jednofazowy o przekładni 10000/9000 V i mocy przewodniej 2000 kVA ma moc własną 200 kVA.

4. Nazwa *moc transformatora* bez bliższego określenia oznacza:

a. dla transformatora zwykłego *pozorną moc pobraną* w kVA albo VA,

b. dla transformatorów w układzie dodatkowym i obrotowych *pozorną moc własną*.

5. *Moc znamionowa* jest to moc, dla której jest transformator zbudowany, podaje się ją na tabliczce znamionowej.

§ 35. NAPIĘCIA I PRĄDY ZNAMIONOWE.

1. Są to napięcia, na które został transformator zbudowany i które są wypisane na tabliczce znamionowej.

2. *Prądy znamionowe* są to prądy obliczone z mocy znamionowej i odpowiedniego napięcia znamionowego.

§ 36. SZEREG NAJCZĘŚCIEJ STOSOWANYCH MOCY.

Transformatory trójfazowe: 5; 10; 20; 30; 50; 75; 100; 125; 160; 200; 250; 320; 400; 500; 640; 800; 1000 itd. kVA, jednofazowe: 1; 2; 3; 5; 7; 10; 13; 20; 35; 50; 70 kVA.

§ 37. RODZAJE PRACY TRANSFORMATORÓW.

1. Wszystkie wielkości znamionowe (normalne) charakteryzujące transformator, a w szczególności jego moc, przy której transformator ogrzewa się tylko do granic dopuszczalnych^{*}), stosuje się do odpowiednich warunków pracy.

Wyróżniamy cztery rodzaje pracy:

pracę ciągłą;

pracę dorywczą;

pracę przerywaną.

Wszystkie te rodzaje pracy są określone w ten sposób, jak dla maszyn, patrz str. 26.

Poza tym jeszcze mamy:

pracę okresowo wzmożoną, którą spotykamy zwykle w urządzeniach wiejskich w rolnictwie.

Pracą okresowo wzmożoną nazywa się praca, w czasie której transformator może podlegać trwałym przeciążeniom o 60% oraz w ciągu około 500 godzin w roku przeciążeniom o 100%, trwającym 12 godzin na dobę.

2. *Przeciążenie transformatorów przy pracy trwałej.* Transformatory mogą być przeciążone tj. obciążone ponad moc znamionową tylko bardzo ostrożnie, aby nie przekroczyć dopuszczalnych temperatur (§ 49). Dla transformatorów olejowych krańcowa wartość temperatury oleju — 95⁰ nie może być miarodajną przy przeciążeniu, gdyż temperatura uzwojenia różni się od temperatury oleju i różnica ta wzrasta mniej więcej proporcjonalnie do kwadratu wzrostu obciążenia.

^{*}) Patrz dalej obsługa.

§ 38. SPADEK NAPIĘCIA.

Przy przejściu od pracy jałowej do pracy przy znamionowym obciążeniu, napięcie wtórne spada, przy niezmienionym napięciu pierwotnym i stałej częstotliwości prądu. Spadek napięcia podajemy w % od znamionowego napięcia wtórnego. Zwykle spadek ten wynosi kilka %.

Dla zasilania sieci oświetleniowej należy stosować transformatory o mniejszym spadku napięcia, niż do zasilania sieci silnikowej.

§ 39. NAPIĘCIE I PRĄD ZWARCIA.

1. Własności transformatora pod względem spadku napięcia dobrze określa tak zwane *napięcie zwarcia*, jest to napięcie, które przy zwartym *) uzwojeniu wtórnym należy przyłożyć do uzwojenia pierwotnego, aby otrzymać znamionowy prąd pierwotny. Wynosi ono zazwyczaj 2 do 10% napięcia pierwotnego. Duże napięcie zwarcia zapewnia niewielki prąd zwarcia i łagodniejsze wahania obciążenia przy równoległej pracy, natomiast znaczny spadek napięcia przy obciążeniu.

2. *Prądem zwarcia* nazywa się prąd pierwotny, który ustalił się przy zwartym uzwojeniu wtórnym, gdy do uzwojenia pierwotnego zostaje przyłożone znamionowe napięcie pierwotne.

§ 40. GRUPY POŁĄCZEŃ I ICH ZASTOSOWANIE.

W transformatorach trójfazowych poszczególne uzwojenia faz mogą być łączone w gwiazdę, w trójkąt lub w zygzak, p. rys. 60. Te układy połączeń zostały podzielone na tak zwane grupy i otrzymały odpowiednie oznaczenia. Rodzaj grupy musi być przystosowany do odpowiednich warunków pracy.

Na str. 111 mamy różne grupy połączeń, przeważnie jednak stosuje się następujące grupy połączeń **):

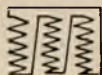
*) Końcówki połączone ze sobą drutem o małym oporze przez amperomierz.

**) Patrz przepisy na transformatory.

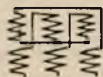
- a) Gwiazda na górnym napięciu i gwiazda na dolnym napięciu w jednym z dwóch układów: $Yy 0$ albo $Yy 6$ stosuje się w małych transformatorach rdzeniowych, których obciążenie przewodu zerowego nie przekracza 10% prądu znamionowego,



Gwiazda



Trójkąt



Zygzag

Rys. 60. Układy połączeń faz w transformatorach.

- b) Trójkąt na górnym napięciu i gwiazda na dolnym napięciu w jednym z dwóch układów $Dy 5$ albo $Dy 11$ stosuje się do dużych transformatorów rozsyłowych, których przewód zerowy może być obciążony pełnym prądem znamionowym,
- c) Gwiazda na górnym napięciu i trójkąt na dolnym napięciu według układów $Yd 5$ albo $Yd 11$ — do dużych transformatorów głównych w elektrowniach i podstacjach, które nie pracują na sieci rozsyłowej,
- d) Gwiazda na górnym napięciu, a zygzak na dolnym w układach $Yz 5$ albo $Yz 11$ — do małych transformatorów rozsyłowych, których przewód zerowy może być obciążony pełnym prądem znamionowym.

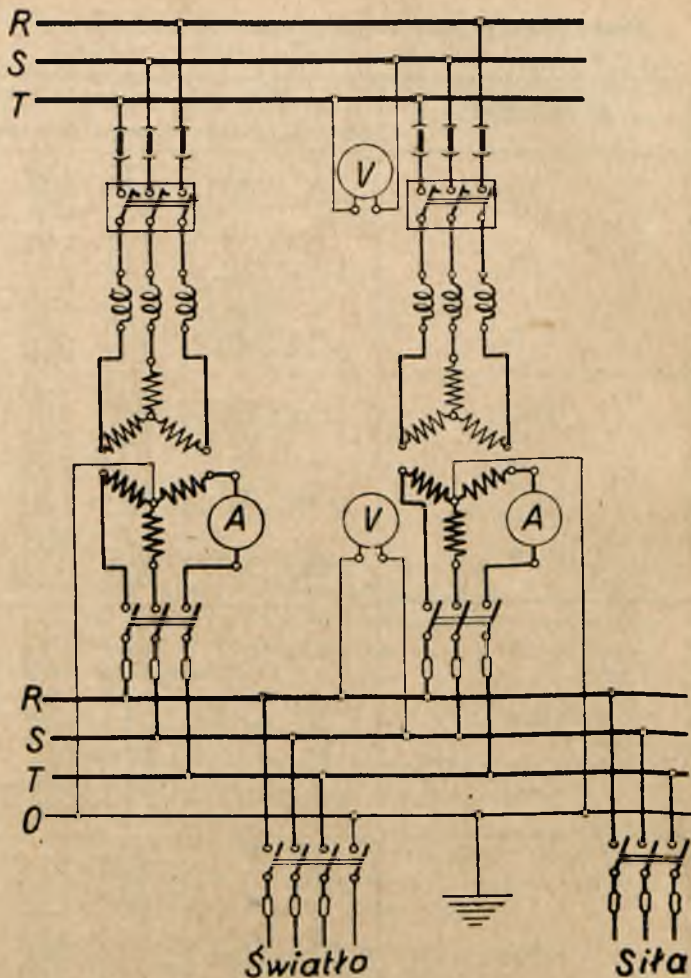
§ 41. RÓWNOLEGŁE POŁĄCZENIE KILKU TRANSFORMATORÓW.

Gdy do zasilania sieci wtórnej nie wystarcza jeden transformator, przyłączamy drugi równoległe, p. rys. 61.

Warunki prawidłowej równoległej pracy transformatorów są następujące:

Grupy układów połączeń transformatorów trójfazowych.

OZNACZENIA	Uzwojenie napięcia			
	górnego	dolnego	górnego	dolnego
<i>D d 0</i>				
<i>Y y 0</i>				
<i>D z 0</i>				
<i>D d 6</i>				
<i>Y y 6</i>				
<i>D z 6</i>				
<i>D y 5</i>				
<i>Y d 5</i>				
<i>Y z 5</i>				
<i>D z 11</i>				
<i>Y d 11</i>				
<i>Y z 11</i>				



Rys. 61. Równoległe połączenie transformatorów.
 Szyny wysokiego napięcia połączone są z transformatorem przez odłącznik, wyłącznik nadmiarowy i dławik ochronny, szyny niskiego napięcia — przez wyłącznik i bezpieczniki

1. Jednakowe napięcie znamionowe pierwotne i wtórne.

2. W transformatorach trójfazowych muszą być *odpowiednie* grupy połączeń poszczególnych faz. Wytwórnia dostarczająca nowy transformator dla połączenia równoległego z istniejącym musi wiedzieć według jakiego schematu ma wewnętrzne połączenia istniejący transformator, aby do niego dostosować nowy.

3. Znamionowe napięcia zwarcia poszczególnych transformatorów nie mogą różnić się więcej niż o $+10\%$ albo -10% od wartości średniej wszystkich połączonych równolegle transformatorów. Jest to niezbędne, aby zapewnić prawidłowy rozdział obciążenia na poszczególne transformatory.

Tylko w transformatorach pracujących w rozległej sieci rozdzielczej, gdzie pomiędzy transformatorami mamy przewody znacznej długości, różnica napięć zwarcia może być większa.

Przykład. Trzy transformatory mają napięcia zwarcia: 37; 34; i 32 V. Średnie napięcie zwarcia będzie

$$\frac{37 + 34 + 32}{3} = 34,3 \text{ V}$$

Różnice w porównaniu do średniego:

$$37,0 - 34,3 = 2,7 \text{ V}$$

$$34,3 - 34,0 = 0,3 \text{ V}$$

$$34,3 - 32,0 = 2,3 \text{ V}$$

10% od 34,3 wynosi 3,43, powyższe więc różnice są mniejsze od 10%.

4. Moce poszczególnych transformatorów nie powinny od siebie znacznie się różnić; zwykle uważamy, że gdy przyłączamy mały transformator do dużego, to moc małego transformatora nie powinna być mniejsza od $\frac{1}{3}$ mocy dużego, znowu ze względu na prawidłowy rozdział mocy oddawanej przez transformatory.

5. Z tymi samymi przewodami należy łączyć zaciski jednakowo oznaczone. W transformatorach trójfazowych przyjęte jest u nas oznaczać zaciski po stronie górnego napięcia literami

U, V, W , a po stronie dolnego napięcia literami o, u, v, w , tu literą o jest oznaczony zacisk połączony z punktem środkowym (zerowym) gwiazdy.

§ 42. STRATY ENERGII W TRANSFORMATORACH.

1. Straty na ciepło skutkiem histerezy i prądów wirowych w rdzeniu żelaznym są niemal stałe, niezależnie od obciążenia; tyle samo wydziela się tu ciepła przy pracy jałowej, jak przy pełnym obciążeniu.

2. Straty skutkiem oporu uzwojeń, w miedzi są proporcjonalne do drugiej potęgi obciążenia. Z powyższych względów transformatory, które muszą długi czas znajdować się pod napięciem przy małym poborze prądu, buduje się specjalnie z małymi stratami w żelazie.

§ 43. OBLICZENIE PRĄDU POBIERANEGO PRZEZ TRANSFORMATOR.

Mając prąd oddawany przez transformator J_2 i wtórne napięcie U_2 , bez różnicy faz oraz napięcie pierwotne U_1 i sprawność transformatora η , otrzymamy w przybliżeniu prąd pierwotny dla transformatora jednofazowego lub trójfazowego:

$$J_1 = \frac{U_2 \cdot J_2}{U_1 \cdot \eta}$$

Przykład. Transformator trójfazowy oddaje prąd 300 A pod napięciem 220 V przy $\cos \varphi = 1$, sieć pierwotna ma napięcie 5000 V, sprawność transformatora $\eta = 0,97$, wtedy prąd czerpany z sieci wysokiego napięcia będzie:

$$J_1 = \frac{300 \times 220}{5000 \times 0,97} = 13,6 \text{ A}$$

Moc oddana przez uzwojenie wtórne wynosi:

$$1,73 \times 300 \times 220 = 114,2 \text{ kW}$$

Moc pobrana przez uzwojenie pierwotne:

$$1,73 \times 13,6 \times 5000 = 117,6 \text{ kW}$$

Przylaczamy wykaz najczęściej stosowanych transformatorów według katalogu Siemens.

Tablica transformatorów.

Moc kVA	Napięcie górne V	Napięcie dolne		Napięcie zwarcia		Sprawność przy $\cos \varphi = 1$ i znamionowym obciążeniu %	Ciężar z ka- dzą i ole- jem kg	Moc jałowa watów
		Yy0 V	Yz5 V	Yy0 %	Yz5 %			
5	6000	231	400	4,2	4,5	95,5	205	60
	15000			4,6	4,9	95	270	85
10	6000	231	400	4	4,3	96	275	100
	15000			4,5	4,7	95,7	330	130
20	6000	231	400	3,9	4,1	96,3	330	175
	15000			4,4	4,6	96	460	210
30	6000	231	400	3,8	4	96,5	465	240
	15000			4,3	4,5	96,4	600	280
50	6000	231	400	3,6	3,8	96,8	615	350
	15000			4,1	4,3	96,7	755	400
75	6000	231	400	3,5	3,7	97	845	475
	15000			3,9	4,1	97	935	540
100	6000	231	400	3,5	3,7	97,3	1040	600
	15000			3,8	4	97,2	1050	660

Yy0 oznacza połączenie w gwiazdę na dolnym i na górnym napięciu.

Yz oznacza gwiazdę na górnym i zygzak na dolnym.

§ 44. TABLICA IZOLACJI W OLEJOWYCH TRANSFORMATORACH

Przy naprawach można posługiwać się następującą tablicą, wskazującą grubość izolacji na przewodach i grubość dodatkową warstwy oleju między przewodami, izolacja może być z drzewnika (preszpanu), rurek papierowych lub nawiniętego papieru izolacyjnego odpowiednio nasyczonego.

Napięcie między przewodami	Grubość jednostronna izolacji	Grubość dodatkowej warstwy oleju
kilowolty	mm	mm
6	1,5	10
10	2	15
20	3	25
35	5	40
50	7	50
70	10	70

§ 45. TRANSFORMATORKI BEZPIECZEŃSTWA I DZWONKOWE.

Transformatorki bezpieczeństwa mają wtórne napięcie 24 lub 42 V, służą do zasilania lampek ręcznych w miejscach wilgotnych i w ogóle narażonych na zwarcie z ziemią.

Transformatorki dzwonek są sporządzane na wtórne napięcia 6,8 i 16 V, zużywają 0,5 do 0,8 W.

Oba rodzaje transformatorów muszą być tak zbudowane, aby przy trwałym zwarcie w obwodzie wtórnym nie spaliły się.

§ 46. DŁAWIKI.

Dla wywołania indukcyjnego spadku napięcia w urządzeniach elektrycznych bywają stosowane cewki z rdzeniami żelaznymi i bez rdzeni żelaznych, czyli dławiki.

Cewki z rdzeniami żelaznymi mają pojedyncze uzwojenie na rdzeniu żelaznym z blaszek jak w transformatorach, dla uzyskania jednak możliwej proporcjonalności pomiędzy prądem i napięciem, w obwodzie magnetycznym dajemy dość wielką szczelinę powietrzną, przytym bywa znaczne rozproszenie linii magnetycznych, które mogą wywołać niebezpieczne prądy wirowe, więc należy w pobliżu szczeliny unikać grubych blach i bolców, albo rozdzielić jedną wielką szczelinę na kilka mniejszych.

Cewki bez rdzeni żelaznych bywają głównie stosowane dla ograniczenia prądów zwarcia prądnic; wtedy jest ważną sprawą, aby były wytrzymałe na przegrzanie, unikać palnych materiałów izolacyjnych, oraz stosować trudnotopliwe stopy przy spojeniach. Poza tym cewki takie muszą wytrzymywać wielkie siły elektrodynamiczne powstające między zwojami przy wielkich prądach, zwoje muszą być silnie ze sobą zmcowane. W pomieszczeniu, gdzie stoją cewki, nie może być w pobliżu przedmiotów żelaznych trwale nie umocowanych, drzwi żelazne nie pożądane, gdyż pole magnetyczne może wyrwać je z zawias.

§ 47. MONTAŻ TRANSFORMATORÓW.

1. Małe transformatory *ustawiamy* wprost na podłodze, lub na wspornikach zamurowanych w ścianie albo przymocowanych na słupach. Duże transformatory ze względu na znaczny ciężar stawiamy na odpowiednich fundamentach. Na otwartym powietrzu można ustawiać transformatory tylko odpowiednio zabezpieczone, z izolatorami przepustowymi odpowiedniej wielkości i kształtu.

2. Rdzeń żelazny transformatora albo *izolujemy* od ziemi lub też uziemiamy zapomocą przewodnika miedzianego (najmniej 16 mm²) połączonego z uziemiaczem (§ 161).

Wszystkie skrzynie transformatorów olejowych muszą być również uziemione, wyjątek stanowią transformatory ustawione w zamkniętych pomieszczeniach specjalnie chronione od przypadkowego dotknięcia.

Transformatory suche muszą być umieszczone za specjalnym ogrodzeniem, wszelkie metalowe części tych ogrodzeń muszą

być uziemione. Transformatory muszą być zawsze tak ustawione, aby przypadkowe dotknięcie jakichkolwiek części prąd wiodących było wykluczone.

Transformatory izolowane stawiamy na odpowiednich nóżkach lub podstawach izolacyjnych z porcelany, drzewa lub innych materiałów, przy niezbyt wysokim napięciu wystarczy ustawić na podkładach drewnianych.

Wokoło izolowanych transformatorów muszą być dla obsługi izolacyjne chodniki drewniane lub gumowe. Aby transformator nie brzęczał zanadto, dokręcamy silnie śruby ściągające jarzmo z rdzeniami.

W transformatorach olejowych przed zamknięciem skrzyni uważajmy, aby nie zostawić wewnątrz jakiego luźnego kawałka drutu, nakrętki czy kropli cyny i t. p.

Przy opuszczaniu transformatora do skrzyni olejowej należy zwracać uwagę, aby nie *zdrapać izolacji*.

3. *Dla zabezpieczenia od pożaru* należy zewnętrzne części transformatora, znajdującego się pod napięciem, zmontować na ogniotrwałych podkładach.

Oszalowanie transformatora musi być tak wykonane, aby łuki elektryczne mogące powstać na transformatorach nie mogły dosięgnąć oszalowania.

4. Po ustawieniu należy *zmierzyć opór izolacji* między uzwojeniami, oraz pomiędzy każdym z uzwojeń i rdzeniem żelaznym; jeżeli na zimno opór izolacji jest mniejszy od 1000000 Ω , to należy transformator suszyć. Transformatory nowe, często podczas drogi niedostatecznie osłonięte, lub dłuższy czas przechowywane w pomieszczeniach wilgotnych, wymagają *suszenia*.

Suszenie można przeprowadzić, umieszczając na dłuższy czas transformator w ciepłym lokalu; prędzej można wysuszyć w suszarni, lub prądem wytwarzanym przez włączenie na uzwojenie górne, niewysokiego napięcia regulowanego, zwierając dolne przez amperomierz.

Takie suszenie należy prowadzić jak najostrożniej, unikając przegrzania; gdy temperatura uzwojenia podniesie się do 95° suszenie na pewien czas przerywamy.

Zwykle suszymy transformator w ciągu kilku godzin, najlepiej początkowo prądem wynoszącym połowę prądu znamionowego, następnie pełnym, a w końcu krótko prądem półtora razy większym, zawsze przestrzegając, aby nie przekroczyć temperatury 95⁰.

Transformatory *olejowe* po wysuszeniu wstawiamy do kadzi i napełniamy olejem poleconym przez dostawcę transformatora.

5. *Olej* przed napełnieniem pozostawiamy jakiś czas w spokoju, żeby się ustał.

W urządzeniach dużych sprawdzamy własności oleju przed napełnieniem, według ustalonych przepisów.

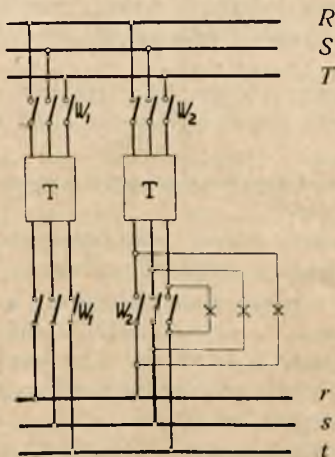
Jeżeli olej byłby za mało wytrzymały na przebicie prądem wysokiego napięcia, to najskuteczniej można zwiększyć wytrzymałość elektryczną oleju przez filtrowanie w odpowiednich prasach, unikając suszenia oleju przez rozgrzewanie powyżej 100⁰, co nie jest pożądane.

6. *Przyłączenie* zacisków transformatora do szyn zbiorczych oraz linii dosyłowych i odsyłowych, należy wykonywać z wielką starannością, dbając o to, aby końcówki na przewodach były sztywno przylutowane, powierzchnie kontaktowe czyste i gładkie. Śruby kontaktowe należy dociskać dość mocno, aby zapewnić dobry kontakt (złe kontakty grzeją się i rozluźniają się).

Szyny zbiorcze oznaczone przy prądzie trójfazowym literami *R, S, T* (wysokie napięcie) przyłączamy odpowiednio do zacisków *U, V, W*, a oznaczone literami *r, s, t*, (niskie napięcie) przyłączamy odpowiednio do zacisków *u, v, w*.

Przy *równoległym połączeniu transformatorów* należy przed pierwszą próbą *sprawdzić lampkami*, czy czasem nie ma omyłki w połączeniu lub w oznaczeniu zacisków na transformatorze. Lampki włączamy pomiędzy przeciwne zaciski wyłącznika *W₂*, p. rys. 62, następnie zamykamy wyłączniki w następującej kolejności: *W₁* dolny, *W₁* górny oraz *W₂* górny, jeżeli połączenie dobre, to lampki nie powinny świecić, wtedy można zamknąć wyłącznik *W₂* dolny. Należy sprawdzić przedtem, czy lampki są w dobrym stanie, np. krzyżując połączenia

dwóch lampek, przy tym lampki powinny zaświecić. Do prób bierzemy lampki na pełne napięcie sieci r, s, t .



Rys. 62. Równoległe łączenie transformatorów.

7. Transformatornia w zamkniętym pomieszczeniu powinna być sucha i przewietrzana prądem naturalnym powietrza w kierunku od podłogi do sufitu. Transformatornia musi być niedostępna dla osób postronnych i zamykana na klucz.

§ 48. PRÓBY ODBIORCZE.

Przy odbiorze transformatora z wytwórni przeprowadza się próby zgodnie z przepisami i stosownie do umowy; sprawdza się:

1. przekładnię,
2. napięcie zwarcia,
3. grzanie się przy znamionowym obciążeniu,
4. straty w żelazie i w miedzi,
5. wytrzymałość na przebicie prądem, a mianowicie:
 - a) izolacji uzwojeń od żelaza i pomiędzy sobą prądem zmiennym 50-okresowym,

- b) tej samej izolacji falami uskokowymi,
- c) izolacji pomiędzy poszczególnymi zwojami,
- d) izolatorów przepustowych.

§ 49. OBSŁUGA TRANSFORMATORÓW.

Przed wszystkim należy pilnować, aby transformatory nie zażrzewały się, czyli nie ogrzewały się nadmiernie. Przepisy przewidują, że przy izolacji zwykle używanej *) dopuszczalne są następujące przyrosty temperatury:

1. Uzwojenia chłodzone powietrzem w sposób naturalny 60⁰
2. Te same uzwojenia chłodzone sztucznie 70⁰
3. Uzwojenia zanurzone w oleju 70⁰
4. Olej w górnej warstwie 55⁰
5. Rdzeń żelazny 65⁰

Dla większych transformatorów należy stosować urządzenia samoczynnie wskazujące nadmierną zwyżkę temperatury i sygnalizujące zbliżające się uszkodzenie.

Zażrzewający się transformator należy niezwłocznie wyłączyć po obu stronach, dla uniknięcia poważniejszych uszkodzeń.

Wszelkie naprawy na transformatorach należy uskutecznić po odłączeniu od sieci zacisków transformatora *na wszystkich biegunach* wysokiego i niskiego napięcia.

Od czasu do czasu należy kontrolować w transformatorach stan oleju oraz izolacji uzwojeń.

Transformatory chłodzone powietrzem od czasu do czasu starannie odkurzać. W transformatorach olejowych co roku należy sprawdzać stan oleju na wilgotność, zabarwienie i zdolność tworzenia szlamu. Olej, który w normalnym przyrządzie dla prób na przebicie iskrą, przy odległości elektrod 5 mm, wytrzymuje 40 kV, uważany jest za zdatny jeszcze do użytku, w przeciwnym razie należy go filtrować lub wymienić.

Transformatory, które są narażone na częste chwilowe, ale

*) W innych warunkach, patrz przepisy.

znaczne przeciążenia, należy co parę lat wyjmować z kadzi olejowej i oprócz ogólnej kontroli uzwojenia, dociągać nakrętki śrub ściskających i połączeń stykowych w przewodach.

§ 50. NIEDOKŁADNOŚCI W PRACY TRANSFORMATORÓW.

1. *Transformator dobry grzeje się nadmiernie.* Przyczyną nadmiernego grzania się może być albo przeciążenie, szczególnie długotrwałe, lub też zbyt słaby dopływ powietrza chłodzącego. Przy naturalnym chłodzeniu przez budkę transformatorową powinno przychodzić 5 m³/min. powietrza, na 1 kW strat w transformatorze. Więc np. dla transformatora mocy 50 kW i sprawności 0,967, straty wynoszą $50 \times (1 - 0,967) = 1,65$ kW, wobec tego ilość w jednostkę czasu potrzebnego powietrza wynosi:

$$5 \times 1,65 = 8,25 \text{ m}^3/\text{min.}$$

Taka sama ilość powietrza jest potrzebna przy chłodzeniu wentylatorem.

Jeżeli dla chłodzenia oleju jest zastosowana woda przepływowa, to ilość wody w jednostkę czasu powinna wynosić 1 litr na minutę na 1 kW strat.

Uzwojenie może się zagrzewać również skutkiem utrudnionego chłodzenia przez warstwę szlamu, który osadza się z oleju.

W transformatorach bez oleju z chłodzeniem powietrznym może to samo sprawić warstwa kurzu zbierającego się w zakątkach niedostępnych dla przewietrzania.

2. *Nieodpowiedni rozdział obciążenia pomiędzy transformatorami równolegle połączonymi* powstać może skutkiem przyłączenia do niewłaściwych zaczepów lub wogóle przyłączeniu transformatorów mających niedobre spadki napięcia.

3. *Zbyt wielki prąd biegu jałowego* wskazuje na to, że albo jest zbyt wysokie napięcie sieci, albo są zwarcia wewnątrz transformatora czy to w uzwojeniu pierwotnym, czy we wtórnym

4. *Niejednakowe obciążenie faz*, pomimo równomiernego rozkładu odbiorników, może nastąpić, skutkiem niejednakowego włączenia zaczełów na różnych fazach lub też nadłamania przewodów czy też złych styków, obluźnionych nakrętek i t. p.

5. *Zwarcia w uzwojeniach* powstają skutkiem złego oleju, przebicia izolacji elektrycznością atmosferyczną, przetarcia lub przesunięcia izolacji pod wpływem ruchów zwojów, wywołanych siłami mechanicznymi wzajemnego oddziaływania na siebie przewodników z prądem, szczególnie przy chwilowych zwarcia w sieci. Bywają jednak wypadki, że zwarcia w transformatorze wywołują kawałki drutu, nakrętki, podkładki, krople cyny i t. p. pozostawione przy montażu.

6. *Przeskoki prądu na izolatorach przepustowych* powstać mogą zewnątrz, skutkiem nadmiernego zbliżenia metalowych konstrukcji lub wogóle przedmiotów otaczających, albo wewnątrz skrzyni skutkiem obniżenia się poziomu oleju.

Przebicia pomiędzy przewodami różnych biegunów bywają skutkiem mechanicznego uszkodzenia izolatorów, np. od ruchu rozluźnionych przewodników. Poza tym znaczna wyżka napięcia prądu roboczego lub elektryczność atmosferyczna jest najczęściej zdarzającą się przyczyną przebić.

7. *Uszkodzenie rdzeni żelaznych* bywa skutkiem silnych prądów indukowanych w obwodach powstających w rdzeniach żelaznych, skutkiem zepsucia się izolacji pomiędzy poszczególnymi blachami oraz pomiędzy blachami a sworzniami ściskającymi. Prądy takie mogą spowodować wytapianie się żelaza i pośrednio uszkodzenia izolacji uzwojenia.

Przyczyny są następujące: niedostateczne chłodzenie rdzenia żelaznego, osady szlamu lub kurzu, albo wilgoć, rozluźnione bolce ściskające blachy, wreszcie zbyt wysokie napięcie prądu roboczego może spowodować nadmierną gęstość linii magnetycznych, a przez to wzmożone rozproszenie linii magnetycznych na stykach jarzma z kolumnami, a stąd silne prądy wirowe w bolcach ściskających.

8. *Kadzie transformatorów przepuszczają oliwę*. Wyjątkowo mogą powstać otwory, skutkiem łuku elektrycznego; najczęściej przepuszcza oliwę niedokładnie spojony szew. Szczeliny małe można uszczelnić przez sztamowanie czyli przybijanie

odpowiednim narzędziem; duże trzeba spawać łukiem elektrycznym, przy spawaniu płomieniem trzeba olej wylać.

9. *Górna pokrywa kadzi grzeje się skutkiem silnych prądów wirowych, jeżeli przewody prowadzą bardzo znaczne prądy od 600 do 1000 A, wtedy należy osłabić pole magnetyczne przez przecięcie w pokrywie szczeliny, którą można wypełnić niemagnetycznym materiałem.*

PROSTOWNIKI.

§ 51. WŁASNOŚCI OGÓLNE.

Prostowniki przekształcają prąd zmienny jednofazowy albo trójfazowy, a w ogóle wielofazowy na prąd tętniący — *jednokierunkowy* o zmiennym okresowo natężeniu.

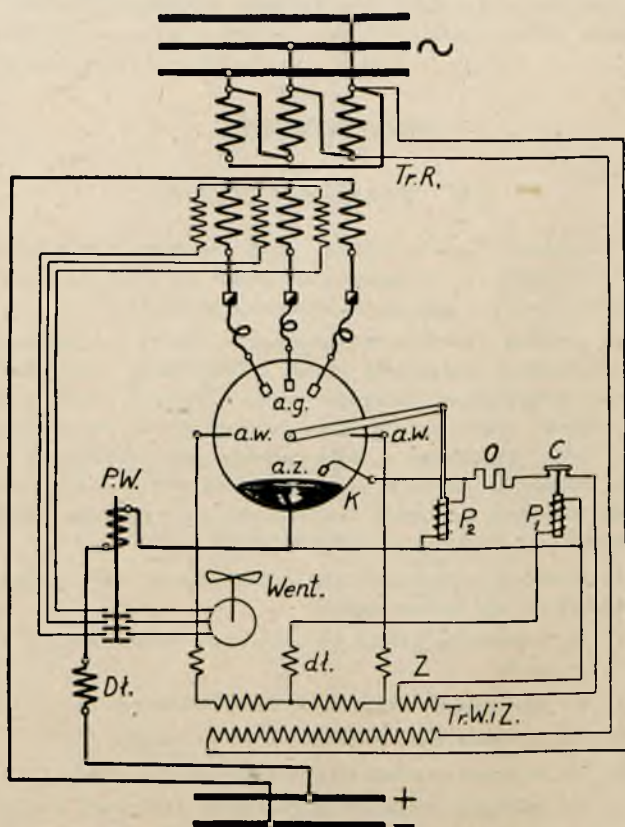
Za pomocą dławików włączonych w szereg i kondensatorów włączanych równolegle przed odbiornikami zmniejszamy znacznie niepożądane tętnienia prądu. Tętnienia czyli wahania natężenia prądu są szkodliwe ze względu na straty dodatkowe, jakie powodują w odbiornikach przystosowanych dla prądu stałego, a pozatym spowodu indukcyjnego oddziaływania na sąsiednie przewody telefoniczne, co wywołuje szkodliwe dźwięki w słuchawkach telefonicznych.

Prąd zmienny przekształcony na prąd niemal stały zapomocą prostowników ma zastosowanie:

1. do ładowania baterii akumulatorów przenośnych i stacyjnych;
2. do zasilania projekcyjnych lamp łukowych;
3. do zasilania sieci prądu stałego do światła i siły;
4. do zasilania prądem stałym kolei elektrycznych;
5. do zasilania urządzeń medycznych, radiowych i telekomunikacyjnych;
6. do zasilania odkurzaczy elektrycznych, w których gaz unoszący kurz, dym, kropelki cieczy i t. p. przepuszczamy pomiędzy blachami, na które włącza się prąd wysokiego napięcia jednokierunkowy.

§ 52. USTRÓJ PROSTOWNIKÓW.

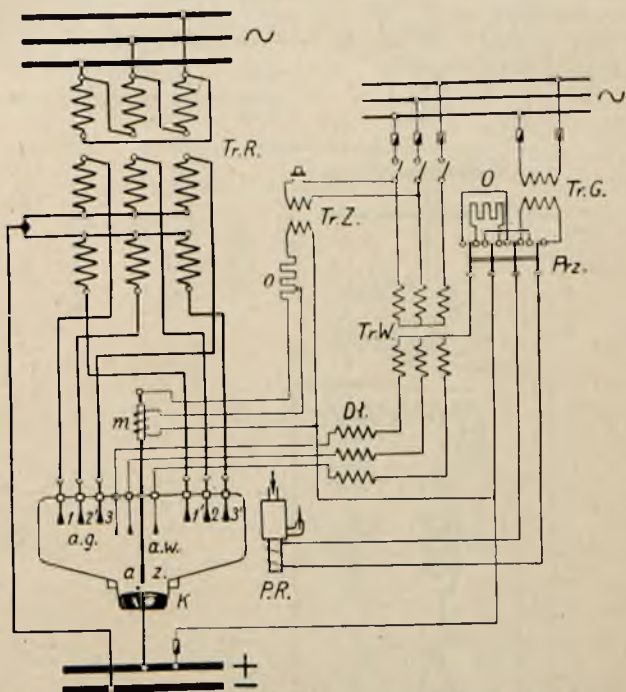
Ustrój prostowników bywa rozmaity. Najczęściej są stosowane obecnie prostowniki: rtęciowe, katodowe, stykowe i mechaniczne.



Rys. 63. Prostownik rtęciowy szklany.

TrR — transformator, *ag* — anody, *K* — rtęciowa katoda, *az* — anoda zapłonowa, *P₂* — zapłonowy elektromagnes, *Went.* — wentylator, *Dł.* — dławik, *Tr. W i Z* — transformator do zapłonu i podtrzymania łuku.

1. *Prostowniki rtęciowe* budowane są w naczyniach szklanych dla prądów od 6 A do 500 A i napięć do 650 V; w naczyniach żelaznych dla prądów od 500 A do 16 000 A i napięć do 12 000 V. Układy połączeń urządzeń prostowniczych wskazane są na rys. 63 i 64.

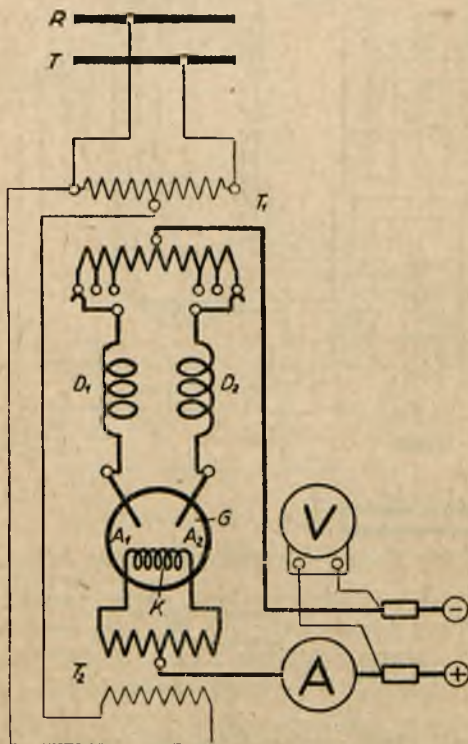


Rys. 64. Prostownik rtęciowy w kotle żelaznym.

ag — anody, *K* — katoda rtęciowa, *a z* — anoda zapłonowa, *Tr R* — główny transformator, *Tr W* — pomocniczy transformator, *PR* — pompa próżniowa, *Tr Z* — transformator zapłonowy, *Tr G* — transformator grzejny.

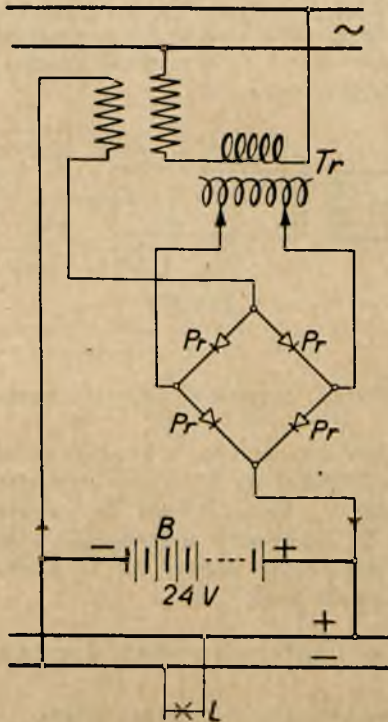
Sprawność tych prostowników jest znaczna i w małym stopniu zależna od obciążenia:

Napięcie prądu odbiorników	Sprawność
110 V	0,78 — 0,81
220 „	0,85 — 0,88
440 „	0,90 — 0,93
550 „	0,91 — 0,93
1000 „	0,93 — 0,95



Rys. 65. Układ połączeń prostownika katodowego

2. *Prostowniki katodowe* z żarzoną katodą bywają dwójakiego rodzaju: 1) napełnione gazem szlachetnym argonem pod niskim ciśnieniem lub parą rtęci, 2) próżniowe. Pierwsze z argonem — do kilkuset woltów i 50 A, a z parą rtęci — do kilku dziesiątków tysięcy woltów i powyżej 1000 A. Drugie — np. na 250 000 V i 0,02 A. Zasadniczy układ połączeń prostownika katodowego podany jest na rys. 65. Zaletą prostownika katodowego jest to, że do rozruchu nie potrzeba stosować żadnego specjalnego urządzenia.



Rys. 66. Układ połączeń prostownika stykowego.
Tr — transformator, *Pr* — płytki prostownicze.

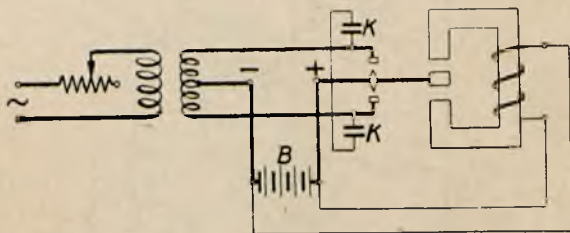
3. *Prostowniki stykowe* najprostsze w swojej budowie bywają: 1) tlenkowe miedziane i 2) selenowe. Stanowią one układ kilku ściśniętych ze sobą płytek. Sporządza się je na prądy różne od dziesiątych części ampera do kilkuset amperów na wszystkie niskie napięcia.

Układ połączeń prostownika stykowego do ładowania akumulatorów wskazany jest na rys. 66.

Sprawność ich wynosi 0,65.

4. *Prostowniki mechaniczne* bywają dwojakiego rodzaju:

- a) dla *niskiego* napięcia zwykle z drgającymi sprężynkami na prądy np. od 3 A do 20 A i napięcia od 50 V do 6 V, sprawność od 0,5 do 0,8; służą głównie do ładowania akumulatorów, p. rys. 67;



Rys. 67. Układ połączeń prostownika mechanicznego.

- b) dla wysokiego napięcia z wirującymi elektrodami na prądy od 0,005 A do 0,5 A przy napięciach od 40 000 V do 70 000 V. Służą głównie do aparatów rentgenowskich i do odkurzaczy elektrycznych. Odkurzacz z takim prostownikiem pobiera 0,2 do 1 kWh na 1000 m³ gazu oczyszczonego.

§ 53. OBSŁUGA PROSTOWNIKÓW.

Obsługa prostowników jest bardzo prosta.

Wszystkie prostowniki należy chronić od przeciążenia prądem, gdyż wtedy one nadmiernie się grzeją i może powstać prąd wsteczny, prostownik przestaje prostować.

Należy również dopilnować dokładności styków i czystości wszystkich izolatorów przepustowych oraz podkładek izolacyjnych.

Przy prostownikach rtęciowych szklanych należy dbać głównie o prawidłowe działanie urządzenia zapłonu i należytego chłodzenia.

Prostowniki rtęciowe żelazne wymagają dopilnowania odpowiedniego chłodzenia, oraz utrzymania dostatecznej próżni przepisanej przez wytwórnię.

Prostowniki katodowe i stykowe należy przedewszystkim chronić od nadmiernego grzania się. Prostowniki mechaniczne wymagają pozatym odpowiedniego czyszczenia i nastawienia kontaktów stykowych.

AKUMULATORY.

§ 54. BUDOWA AKUMULATORÓW OŁOWIANYCH.

Akumulatory stacyjne — w naczyniach otwartych z izolacją z rurek szklanych, lub patyczków drewnianych z deseczkami fornieru, przenośne — w naczyniach zamkniętych z izolacją ebonitową. Płyty bywają jednolite karbowane, kratowe i pancerne z dziurkowanymi rurkami ebonitowymi.

Dodatnie płyty umieszczone są w środku pomiędzy ujemnymi. Ujemnych płyt jest o jedną więcej niż dodatnich.

Płyty stanowiące biegun dodatni mają w stanie naładowanym powierzchnię brunatną, a płyty ujemne — powierzchnię jasno popielatą.

Kwas siarkowy stosuje się rozcieńczony. W akumulatorach stacyjnych naładowanych gęstość kwasu wynosi 1,18 do 1,2 względem czystej wody, w akumulatorach zaś przenośnych 1,2 do 1,25 i wyżej.

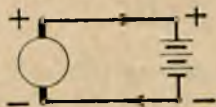
Przy wyładowaniu gęstość maleje o 0,03, a nawet o 0,05 (tj. o 3 do 5^o Baumé (czytaj Bome). Wartość stopni Baumé:

17,7 ^o B.	odpowiada gęstości	1,14
19,8 ^o B.	„ „	1,16
22 ^o B.	„ „	1,18
24 ^o B.	„ „	1,20
26 ^o B.	„ „	1,22
26,9 ^o B.	„ „	1,23

Kwasomierz czyli areometr zanurza się zwykle w akumulatorze naładowanym do 24^o, a w wyładowanym do 22^o Baumé.

§ 55. ŁADOWANIE I WYŁADOWANIE.

1. *Przy ładowaniu*, źródło prądu, które ładuje, i akumulator łączy się jednoimiennymi biegunami, kierunek prądu wskazany na rys. 68.

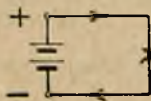


Rys. 68. Układ połączeń przy ładowaniu.

Napięcie jednego ogniwa akumulatorowego przy ładowaniu wzrasta stopniowo do 2,75 V; przy końcu ładowania akumulator „gotuje się”, płyn jest niemal mleczno-biały.

Największy prąd ładowania nie może być większy od podanego przez wytwórnę, w przybliżeniu dla akumulatorów stacyjnych wypada około 0,01 do 0,02 A na 1 cm² obustronnej powierzchni dodatnich płyt.

2. *Wyładowanie* akumulatorów odbywa się w obwodzie wskazanym na rys. 69; kierunek prądu w akumulatorze odwrotny względem tego, jaki był przy ładowaniu. Napięcie



Rys. 69. Połączenie przy wyładowaniu akumulatora.

przy wyładowaniu spada dla jednego ogniwa od 2 V do 1,8 V w akumulatorach na trzygodzinne wyładowanie, a od 2 V do 1,75 V w akumulatorach o jednogodzinnym wyładowaniu.

3. Pojemność akumulatora jest to iloczyn prądu wyładowującego przez czas wyładowania — wyraża się w amperogodzinach, zależy od wymiarów i liczby płyt oraz ich budowy. Wyładowując akumulator prądem słabszym od normalnego największego, można uzyskać z akumulatora więcej amperogodzin,

np. taki akumulator, który przy 3 godz. wyładowania prądem 9 A daje:

$$9 \times 3 = 27 \text{ amperogodzin (Ah)}$$

przy wyładowaniu prądem 3,6 A wyładowuje się po upływie 10 godzin, daje więc

$$3,6 \times 10 = 36 \text{ Ah}$$

Pojemność zależy także od *temperatury kwasu*, przy wyższej temperaturze pojemność jest większa, około 1% na jeden stopień zmiany temperatury. W katalogach pojemność wskazana bywa przy 15^o lub 20^o.

Przykład. Przy 15^o pojemność — 24 Ah, to przy 10^o będzie

$$24 - 0,05 \cdot 24 = 22,8 \text{ Ah}$$

Gdy temperatura spadnie znacznie niżej, jak to bywa w akumulatorach kolejowych, samochodowych i lotniczych, np. do — 20^o albo — 30^o, to pojemność zmniejszy się o 35 lub 45%.

4. *Sprawność akumulatorów* oblicza się w dwojaki sposób:

Na amperogodziny:

$$\text{sprawność} = \frac{\text{Ah wyładowane}}{\text{Ah naładowane}}$$

Przykład. Otrzymano z akumulatora 27 Ah, a naładowano 30 Ah:

$$\text{sprawność} = \frac{27}{30} = 0,9$$

Na kilowatogodziny:

$$\text{sprawność} = \frac{\text{kWh wyładowane}}{\text{kWh naładowane}}$$

ta sprawność wynosi w praktyce 0,7.

Przykład. Otrzymano z baterii akumulatorów 220 kWh, a naładowano — 314 kWh:

$$\text{sprawność} = \frac{220}{314} = 0,7.$$

§ 56. BATERIA AKUMULATORÓW.

Dla otrzymania baterii pracującej na wyładowanie pod napięciem 115 V należy połączyć w szereg 63 ogniwa, liczbę tę obliczamy na podstawie najmniejszego, zwykle dopuszczalnego napięcia jednego ogniwa — 1,83 V, wtedy:

$$\text{liczba ogniw w baterii} = \frac{115}{1,83} = 63.$$

Na początku wyładowania wystarczy:

$$\frac{115}{2} \cong 58 \text{ ogniw.}$$

Wobec tego $63 - 58 = 5$ ogniw powinno być odłączalnych za pomocą odpowiedniego przełącznika.

Wszystkie ogniwa w baterii muszą być jednakowe, przystosowane do największego prądu, jaki z baterii czerpać możemy.

Typ *J*, p. str. 136, stosuje się dla baterij wyładowywanych prądem o takim najwyższym natężeniu, przy którym całkowite wyładowanie odbywa się w ciągu 3 godzin.

Typ *JS* ma zastosowanie w bateriach wyrównawczych, które mogą być wyładowywane nawet w ciągu 1 godziny.

§ 57. POŁĄCZENIE BATERJI AKUMULATORÓW Z PRĄDNICAMI.

1. Baterię łączymy *równolegle* z prądnicami i wtedy ona:

a) pomaga prądnicom, biorąc na siebie część obciążenia, np. jeżeli prądnice narażone są na gwałtowne wzrosty obciążenia, wtedy bateria bierze na siebie nadmiar obciążenia i pracuje, jako źródło prądu razem z prądnicami, a w okresach małego obciążenia prądnice ładują baterię,

b) zastępuje prądnice w czasie normalnego postoju, lub w razie uszkodzenia,

c) wyrównywa obciążenie prądnic, jeżeli np. w centralach prądu stałego prądnice w dzień nie pracują pod pełnym obciążeniem, a w nocy jest b. małe obciążenie, wtedy opłaca się postawić baterię akumulatorów, które będą ła-

Akumulatory najczęściej używane w naczyniach szklanych fir.
Tudor

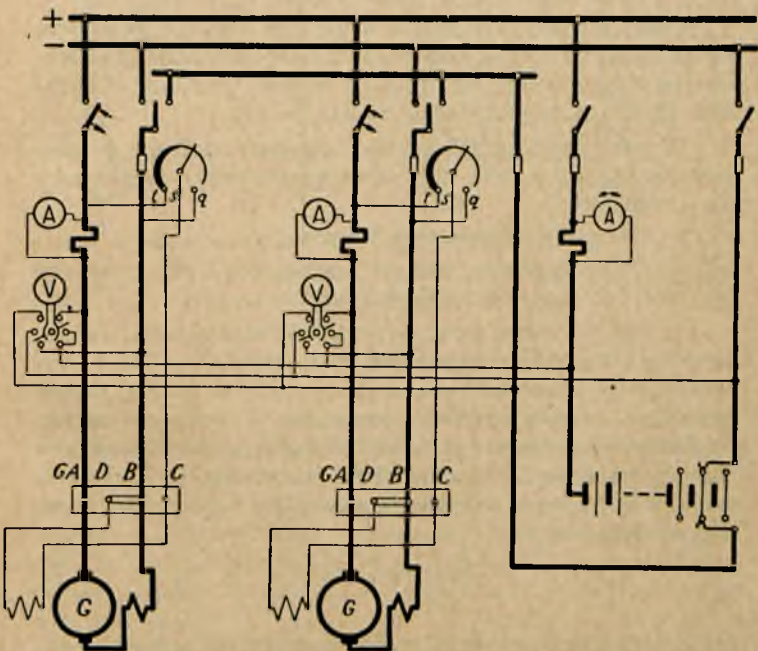
Typ	Wyład. godz.	Największy prąd w amperach		Ciężar ogniwa bezkwasu kg	Ciężar kwasu kg	Wymiary zewnętrzne naczynia długość szerokość wysokość mm
		ład.	wył.			
J S	1	1	19	8,5	4,5	80
J		3	9	13,5		215 295
J S	2	1	37	14	7,5	130
J		3	18	21		215 295
J S	3	1	55	18,5	10,5	180
J		3	27	28		215 295
J S	4	1	74	24	13	215
J		3	36	35		230 295
J S	5	1	93	28	12,5	215
J		3	45	40		230 295
J S	6	1	111	32	16,5	215
J		3	54	47		165 530
J S	8	1	148	42	19,5	215
J		3	72	59		200 530
J S	10	1	185	50	23	215
J		3	90	70		240 530
J S	12	1	222	60	26,5	215
J		3	108	83		280 545
J S	14	1	259	68	29	215
J		3	126	94		315 545

dowane przez prądnice w dzień. Stanowić to będzie uzupełnienie obciążenia prądnic, wskutek czego będą one pracowały ekonomiczniej, w nocy zaś prądnice będą zatrzymane, a prąd — dostarczany przez baterię,

d) wyrównywa napięcie w sieci przy prądnicach o nierównym napięciu,

e) umożliwia dzielenie napięcia całego sieci na części, np. w sieciach trójprzewodowych.

2. Układy połączeń bywają różne, na rys. 70 mamy *dwie prądnice bocznikowe połączone równoległe z baterią akumulatorów*, która jest zaopatrzona w podwójny przełącznik, ponieważ na sieci musi być np. zawsze 115 V, i wtedy gdy bateria



Rys. 70. Bateria akumulatorów połączona równoległe z dwoma bocznikowymi prądnicami.

pracuje na wyładowanie i wtedy gdy się ładuje, więc liczba ogniw przyłączona do przełącznika czyli tak zwanej ładownicy powinna wynosić:

$$\frac{115}{1,83} - \frac{115}{2,75} = 63 - 42 = 21.$$

Napięcie prądnicy przy ładowaniu należy podnosić i w końcu przeładowywania wynosić ono powinno w naszym przykładzie:

$$2,75 \times 63 = 175 \text{ V}$$

zwykle przy połowie normalnego prądu.

Uskuteczniamy podniesienie napięcia w prądnicy za pomocą opornika bocznikowego, taka prądnica i opornik muszą być specjalnie przystosowane do regulacji napięcia prądnicy w szerokich granicach, w przykładzie od 115 do 175 V.

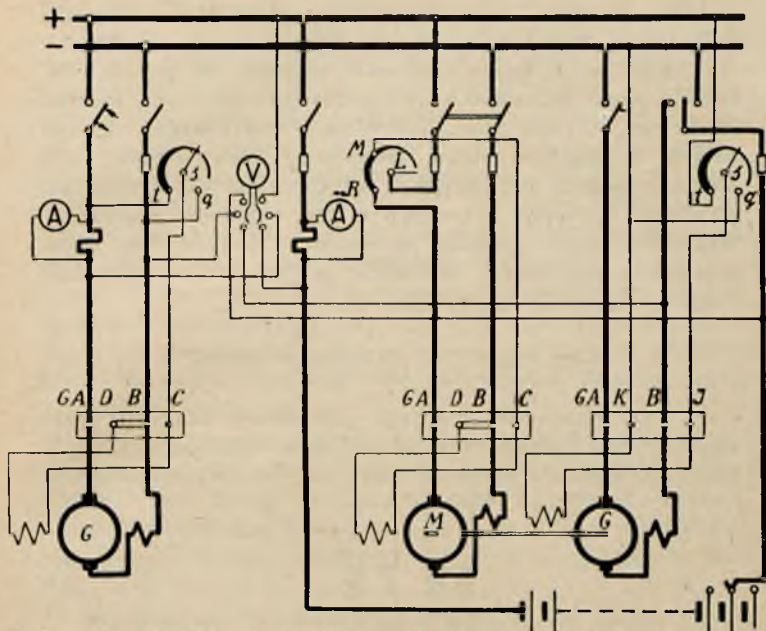
W powyższym układzie przy ładowaniu możemy do sieci pobierać nie więcej niż 20% największego prądu dozwolonego dla akumulatorów.

3. Dla możliwie dowolnego korzystania z prądu w czasie ładowania i osiągnięcia większej sprawności bywa stosowany inny układ z prądnicą *ładowniczą dodatkową*.

Na rys. 71 mamy układ odpowiedniego połączenia. Tu napięcie prądnicy utrzymywane jest zawsze stałe np. 115 V, natomiast przy ładowaniu włącza się prądnicę dodatkową, osobno napędzaną, która z prądnicą główną jest połączona w szereg. Napięcie tej prądnicy dodaje się do napięcia sieci i prąd pod wzmożonym napięciem ładuje akumulatory. Np. w powyższym przykładzie napięcie prądnicy dodatkowej przy końcu ładowania wynosić powinno:

$$175 - 115 = 60 \text{ V}$$

prąd zaś płynący przez tą prądnicę równa się prądowi ładującemu akumulatory.



Rys. 71. Prądnicą bocznikową połączoną równolegle z baterią akumulatorów, z prądnicą dawczą.

§ 58. AKUMULATORNIA.

Pomieszczenie dla akumulatorów powinno być wolne od wstrząśnień, suche, chłodne, dobrze oświetlone, lecz zabezpieczone od bezpośredniego działania promieni słonecznych, np. przez pomalowanie szyb farbą olejną. Oświetlenie lampami żarowymi w hermetycznych oprawkach. Podłoga powinna być odporna na działanie kwasu — pokryta grubą warstwą 30 mm dobrego asfaltu „trynidad”, zachodzącą na ściany, lub wyłożona tafelkami.

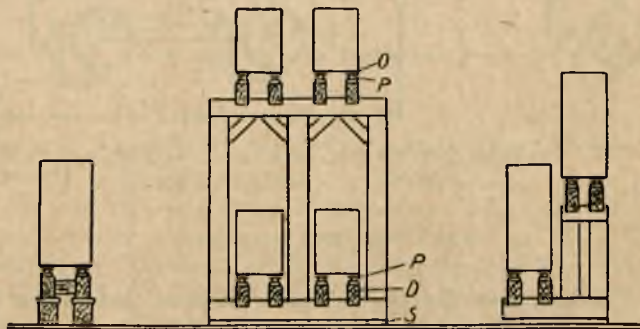
Podłogi drewniane przeciągamy kilkakrotnie smołą i obijamy papą, a na papę kładziemy jeszcze jedną warstwę desek nasyconych smołą.

Dla ułatwienia zmywania podłogi należy dawać niewielką pochyłość w kierunku do miejsca odpływu wody.

Ściany są najlepsze tynkowane wapnem lub gipsem. Betonowe przed malowaniem obmywamy rozcieńczonym kwasem siarkowym (1 część kwasu 22° B na 4 części wody). Po zupełnym wyschnięciu murów, gruntujemy ściany i sufit farbą olejną, zmieszaną pół na pół z pokostem lnianym, a następnie malujemy lakierem kwasotrwałym np. lakierem emaliowym. Wszystkie części budynku drewniane i żelazne oraz różne przedmioty umocowane na suficie lub na ścianie pociągamy również lakierem kwasotrwałym.

§ 59. MONTAŻ AKUMULATORÓW.

1. Po zgromadzeniu całego potrzebnego materiału przystępujemy do montażu. Przede wszystkim ustawiamy na szklanych podkładkach *s*, p. rys. 72, podkłady drewniane są sporządzo-



Rys. 72. Montaż akumulatorów.

ne z belek sosnowych zmcowanych gwoździami drewnianymi. Drzewo powinno być przesycone gorącym olejem lnianym. Gdy naczynia akumulatorowe są małe, to z drewnianych belek ustawiamy dwupiętrowe rusztowanie. Przy projektowaniu podkładów i ich rozstawienia należy pamiętać o dogodnym dostępie do każdego ogniwa akumulatorowego. Na podkładach drewnianych ustawiamy naczynia akumulatorowe, podkładając czte-

ry nóżki porcelanowe *p*, dla osiągnięcia sztywnego oparcia podsuwamy pod nóżki lub pod naczynie krążki ołowiane *o*.

2. W ustawione naczynia zakładamy płyty, izolację między płytami i sprężyny ołowiane. Po dokładnym ustawieniu płyt, przystępujemy do łączenia sąsiednich ogniw odpowiednimi biegunami zapomocą korytek ołowianych, spawając płomieniem wodorowym. Palny gaz wodór wytwarzamy w odpowiednim aparacie z cynku i kwasu siarkowego. Podczas lutowania akumulatornia musi być dobrze przewietrzana, dla uniknięcia zbierania się mieszaniny wybuchowej gazów.

3. Po zmontowaniu akumulatorów, przeprowadzamy w akumulatorni przewody gołe umocowane na odpowiednich okapowych gałkach porcelanowych, zawczasu obsadzonych na ścianach i na suficie. Z płytami akumulatorowymi łączymy końce przewodów, lutując na cynę.

Dla zabezpieczenia gołych przewodów od działania kwasu najlepiej pociągać wazeliną; grubszą warstwę wazeliny należy dać w miejscach zlutowania przewodu z płytami. Zamiast wazeliny można użyć lakieru kwasotrwałego, wtedy jednak należy baczyć, by powłoka lakieru *szczelnie* przylegała do metalu.

4. Następnie, po dokładnym przedmuchiowaniu naczyń i usunięciu wszystkich odpadków, które się tam dostały, przystępujemy do nalewania kwasu. Kwas siarkowy w stanie rozcieńczonym (22⁰ B) sprowadzamy z fabryki, wskazanej przez dostawcę akumulatorów.

Gdy zajdzie potrzeba rozcieńczenia kwasu, dokonywamy tego w naczyniach kamiennych (mieszanina sama się rozgrzewa), dolewając kwas do wody destylowanej, a nie naodwrot.

Kwasu nalewamy tyle, aby krawędzie płyt znajdowały się pod powierzchnią płynu na głębokości 15 mm.

5. Po upływie 6 godzin od chwili nalania kwasu i sprawdzeniu połączeń, które muszą być tak wykonane, aby (+) akumulatorów łączył się z (+) prądnicy, a (—) z (—), ładujemy pierwszy raz wszystkie ogniwa baterii, nie przestawiając ładownicy, przy silnym wydzielaniu się gazów przez trzydzieści kilka godzin bez przerwy. Natężenie prądu nastawiamy odpowiednio

do wymiarów ogniw akumulatorowych, stosownie do wskazówek fabryki dostarczającej akumulatory.

Akumulatornie szczególnie przy tym pierwszym ładowaniu należy dobrze przewietrzać i w żadnym wypadku nie zapalać w akumulatorni nawet najmniejszego płomienia (zapałka), gdyż mieszanina gazów wodoru i tlenu wydzielająca się przy ładowaniu jest zapalna i wybuchowa. Wybuch może zniszczyć budynki.

§ 60. OBSŁUGA AKUMULATORÓW STACYJNYCH OLEWIANYCH.

1. W miarę ulatniania się płynu należy *dolewać wody destylowanej*; wyjątkowo się zdarza, że dla utrzymania gęstości kwasu w granicach od 1,16 do 1,2, czyli w stopniach Baumé od 19,8^o do 24^o wypada dolewać kwas rozcieńczony 22^o B.

Z każdego nowego transportu kwasu i wody badamy próbkę na zawartość chloru. W tym celu wlewamy nieco badanego płynu do naczynia szklanego i dodajemy kilka kropel roztworu azotanu srebra czyli lapisu; jeżeli przy tym płyn pozostanie bezbarwny i przezroczysty, to dowodzi, że kwas lub woda destylowana jest dobra — nie zawiera chloru.

Płyn w akumulatorach musi być zawsze przezroczysty i bezbarwny.

2. Baterie stacyjne przy normalnej pracy bywają zwykle ładowane codziennie, od czasu do czasu należy jednak baterię *przeładować* np. co 3 miesiące prądem dwa razy mniejszym od normalnego, ładując z przerwami godzinnymi odpowiednio do wskazówek udzielonych przez dostawcę akumulatorów.

Koniec ładowania najlepiej ujawnia się przez „zagotowanie” się akumulatora, gdyż wtedy płyn jest przesycony pęcherzykami gazów, wypływającymi na powierzchnię, gdy ich jest dość dużo, łączą się razem w duże bąble, płyn ma barwę niemal mleczno-białą.

W czasie przeładowywania cały czas kwas silnie „gotuje się”, akumulator gazuje. Przy ładowaniu należy przewietrzać akumulatornie i unikać w akumulatorni *płomienia*, który może wywołać wybuch.

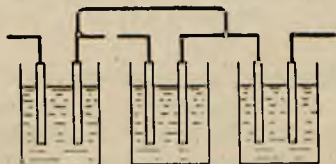
3. Przy każdym ładowaniu dozorca powinien zawsze *sprawdzić*, czy które z ogniw nie *opóźnia* się w gotowaniu.

W ogniwie zapóźnionym zwykle bywa krótkie połączenie czyli zwarcie płyt przeciwnego znaku, najczęściej skutkiem spaczenia się płyt, a czasem bądź przez przedmiot, który dostał się między płyty, lub muł zbierający się na dnie. Zwykle dwa razy do roku sprawdzamy, czy warstwa mułu nie dosięga dolnych krawędzi płyt.

W razie potrzeby usuwamy muł za pomocą specjalnej pompy.

Przedmioty między płytami usuwamy bardzo ostrożnie, aby nie uszkodzić płyt, za pomocą pałeczki płaskiej drewnianej, albo cienkiej szklanej rurki.

4. Niezbyt silnie spaczone płyty można *wyprostować* po wyjęciu z naczynia, kładąc je pomiędzy dwie równe drewniane deski, i mocno je ściskając. Ogniw, które ma być naprawiane, należy rozłączyć po jednej stronie, p. rys. 73, czyli, jak zwykle mówimy — wyciąć, robiąc połączenie pomimo tego ogniwa. Po naprawieniu należy takie ogniwo dobrze doładować, włączając na czas ładowania i wyłączając na czas wyładowania baterii.



Rys. 73. Wyłączenie ogniwa uszkodzonego.

5. Co pewien czas, po naładowaniu baterii, np. co tydzień, badamy wszystkie ogniwa zapomocą kwasomierza, mierząc gęstość kwasu i zapomocą woltomierza — napięcie.

Dobrze naładowane ogniwo powinno mieć kwas 24^0 B i napięcie 2 V po wyłączeniu prądu ładującego.

Woltomierz należy używać z dużą skalą od 0 do 3 V, przewodniki od woltomierza zakańczamy ostrzami, którymi do-

tykamy do łączników pomiędzy płytami, ścierając ostrzami źle przewodzącą wierzchnią warstwę.

Zły stan ogniw ujawnia się zbyt małą gęstością kwasu i zbyt niskim napięciem.

6. *Wyładowywać baterię* można dowolnym prądem, byle nie wyższym od dopuszczalnego największego prądu, przepisanego przez wytwórnię.

7. Baterię, która dłuższy czas ma być *nieużywana*, należy dobrze naładować i odłączyć od sieci, wyjmując bezpieczniki na obu biegunach. Bateria nieużywana wyładowuje się powoli sama, skutkiem przemian chemicznych zachodzących wewnątrz, należy więc ją co dwa miesiące doładowywać, gdyż najlepiej zachowują się płyty w stanie naładowanym.

8. Dozorca powinien nosić fartuch gumowy lub z czystej wełny i buty nasmarowane mieszaniną parafiny i wosku, lub kalosze. Schodząc z roboty a zwłaszcza przystępując do jeżdżenia, dozorca powinien przebrać się i umyć ręce w słabym roztworze sody, a potem w czystej wodzie.

Kwas rozlany na podłogę zasypujemy trocinami, małe plamy na ubraniu wywabiamy amoniakiem.

§ 61. OBSŁUGA AKUMULATORÓW PRZENOŚNYCH OŁOWIANYCH.

1. *Nowy akumulator*, po nalaniu kwasem o przepisanej gęstości od 1,18 do 1,23, zostawia się conajmniej na 6 godzin, a lepiej na całą dobę, aby płyty nasiąkły kwasem; następnie odbywa się pierwsze ładowanie. Jeżeli *płyty dodatnie są pełne*, nie kratowe, to można ładować prądem o natężeniu wynoszącym $\frac{3}{4}$ prądu największego dopuszczalnego dla tych akumulatorów, aż do równomiernego gazowania na płytach obu biegunów i napięcia wynoszącego 2,7 do 2,75 V na ogniwo; trwa to zwykle około 20 godzin. Następnie przerywamy ładowanie na godzinę i jeszcze ładujemy przez 4 godziny, znowu przerywamy na godzinę i znowu ładujemy 4 godziny. Przy takim ładowaniu temperatura kwasu nie powinna przekroczyć 36°; jeżeliby temperatura była wyższa, to należy ładowanie na jakiś czas przerywać do ochłodzenia.

Ogniwa z płytami *kratowymi* na obu biegunach rozpoczynamy ładować po 12 godzinach od chwili nalania kwasu i ładujemy prądem słabszym, równym prądowi wyładowującemu ogniwa w ciągu 10 godzin; ładowanie bez przerwy trwa w ciągu 40 godzin, potem przerwy po cztery godziny i ładowanie 5 godz. powtórzyć tyle razy, aż włączając prąd po przerwie, najpóźniej po upływie jednej minuty od włączenia prądu osiągniemy równe gazowanie i najwyższe napięcie odpowiadające temu prądowi. Ogólna ilość wladowanych amperogodzin powinna być 5 razy większa od pojemności przy 10-godzinym wyładowaniu.

Ogniwa z płytami jeszcze słabszymi (np. t. zwanymi masowymi) ładuje się dłużej, prądem jeszcze słabszym, według przepisów fabrycznych.

2. Normalne *ładowanie* odbywa się prądem przepisany lub słabszym; ładowanie prowadzimy tak długo, aż przy normalnym prądzie osiągniemy pod prądem ustalone napięcie wskazane przez fabrykę 2,55 do 2,75 V przy przepisowej gęstości kwasu i przytym akumulatory będą gazować równo na płytach obu biegunów.

Nieraz bywa stosowany sposób ładowania przy stałym napięciu źródła prądu i stałym oporze w obwodzie; wtedy prąd ładujący stopniowo maleje. Jeżeli akumulatory straciły na pojemności skutkiem zasiarczenia płyt, to dla zwiększenia pojemności należy ładować słabym prądem z częstymi kilkugodzinnymi przerwami.

3. Akumulatory można *wyładowywać* każdym prądem, byle nie silniejszym od przepisanego największego. Kwas w akumulatorze należy strzec od nadmiernego nagrzania, nie wyżej jak do 40^o, oraz od krzepnięcia. Przy gęstości kwasu 1,2 krzepnie on przy minus 27^o, a przy gęstości 1,27 — przy minus 70^o.

4. *Kwas* należy utrzymywać w akumulatorach na wysokości 2 do 5 mm ponad krawędziami płyt. Przed każdym ładowaniem należy sprawdzać stan kwasu i dolewać wody destylowanej, albo kwasu rozcieńczonego, dla utrzymania odpowiedniej gęstości.

Praktycy podają następujący prosty, lecz przybliżony sposób obliczenia gęstości kwasu s w akumulatorach o napięciu u zmierzonym woltomierzem, po odłączeniu od odbiorników, według wzoru:

$$s = u - 0,85$$

Liczba 0,85 jest stałą, przeciętną dla różnych gatunków płyt.

Przykład. Woltomierz wskazał $U = 2,10$ woltów, to gęstość kwasu będzie:

$$2,10 - 0,85 = 1,25.$$

W stanie naładowanym gęstość kwasu w akumulatorach o dużej ilości kwasu powinna być 1,24, o małej ilości kwasu 1,27.

Przy ładowaniu należy pamiętać o otwieraniu otworów w naczyniach. Końcówki oczyścić i pokryć wazeliną. Można również użyć powłoki zawierającej składniki pochłaniające kwas.

5. Przy końcu ładowania należy sprawdzić *napięcie ogniw* i wyrównać gęstość kwasu we wszystkich ogniwach. Uszkodzone ogniwa usunąć i zastąpić dobrymi. Zaraz po wyłączeniu prądu należy sprawdzić złącza, czy niema złego kontaktu, upewniając się dotykiem, czy się nie grzeją nadmiernie. Kontakty o wyższej temperaturze należy rozkręcić i sprawdzić, czy są czyste powierzchnie styku, po oczyszczeniu dobrze dokręcić.

Jeżeli akumulator dłuższy czas ma stać nieużywany, należy go dobrze naładować, rozcieńczając kwas przed ładowaniem do połowy gęstości; w tym stanie może on stać kilka miesięcy. Jeżeli bezczynność ma trwać dłużej niż 4 miesiące, najlepiej po naładowaniu kwas wylać.

§ 62. AKUMULATORY ŁUGOWE CZYLI ALKALICZNE, USTRÓJ I WŁASNOŚCI.

1. Są dwa rodzaje akumulatorów: żelazo-niklowe i kadmo-niklowe; napełnione są one 20% roztworem ługu potasowego; gęstość ługu w czasie ładowania i wyładowania praktycznie *zmianom nie ulega*.

2. *Napięcie* na jedno ogniwo przy *wyładowaniu* spada dla obu od 1,4 do 1,25 V powoli, a potem prędko do 1 V przy normalnym *wyładowaniu* i do 0,8 V przy szybkim *wyładowaniu*.

Przy ładowaniu ogniw żelazo-niklowych napięcie szybko wzrasta od 1,6 do 1,68 V, następnie wolno do 1,7 i wreszcie prędko do 1,8 V.

Przy ładowaniu ogniw kadmo-niklowych napięcie wolno wzrasta od 1,4 do 1,55 V i potem prędko do 1,82 V.

Akumulatory kadmo-niklowe mniej gazują.

3. *Prąd* ograniczony jest tylko temperaturą akumulatora, temperatura ta nie powinna być wyższa od 45°.

Tabela akumulatorów alkalicznych „Nife”.

Typ	Pojem. przy 8 g. wyład. w Ah	Prąd ładow. A	W y m i a r y			Ciężar kg
			Dług. mm	Szer. mm	Wysok. mm	
PE 6	60	13	45	128	a) — b) 300	a) — b) 3,95
PE 8	80	20	45	128	a) 300 b) 340	a) 4,1 b) 4,6
P—10	100	25	52	128	a) 300 b) 340	a) 4,7 b) 5,3
P—12	120	30	64	128	a) 300 b) 340	a) 5,7 b) 6,5

4. *Pojemność* jest o 20% mniejsza przy szybkim *wyładowaniu*, niż przy powolnym.

5. *Sprawność* na amperogodziny wynosi 75%, a na kilowatogodziny 55 do 60%.

§ 63. OBSŁUGA AKUMULATORÓW ŁUGOWYCH.

1. Należy pilnować, aby naczynia poszczególnych ogniw w baterii były od siebie *izolowane*.

2. Po naładowaniu wycierać dokładnie pokrywkę, sprawdzać stan płynu — aby pokrywał płytki na wysokość 5 mm. Gęstość płynu powinna być 1,17 do 1,19.

3. Powietrze, wchłonięte przez roztwór ługu, zmienia jego skład i czyni niezdatnym do użytku, należy więc ług chronić od zetknięcia długotrwałego z powietrzem, dopilnować szczelności korków.

4. Zwykle dolewa się wodę destylowaną co 6 do 8 tygodni. Po upływie 1½ roku płyn należy wymienić.

5. Ładować można do 2 godzin prądem dwa razy większym od normalnego prądu wyładowania. Koniec ładowania wskazuje odpowiednie napięcie 1,8 V w żelazo-niklowych i 1,82 w kadmo-niklowych. W końcu ładowania należy przez dotykanie stwierdzić, czy zaciski łącznikowe nie grzeją się nadmiernie. Te zaciski, których temperatura jest wyższa od innych, należy rozkręcić, powierzchnie stykowe dokładnie oczyścić i po złożeniu nakrętki dobrze dokręcić.

6. Pozostawienie akumulatora w stanie wyładowanym nie szkodzi akumulatorowi.

OŚWIETLENIE.

§ 64. POJĘCIA ZASADNICZE.

1. Lampy wysyłają tak zwany *strumień świetlny*, który mierzymy i obliczamy w *lumenach* (oznaczenie lm).

2. *Natężenie światła* (światłość) lamp mierzymy w *świecach*. Znając średnie natężenie światła lampy we wszystkich kierunkach możemy obliczyć strumień świetlny w następujący sposób.

Jeżeli np. lampa ma średnie natężenie światła 100 świec, to strumień świetlny wynosi:

$$100 \times 12,56 = 1256 \text{ lumenów,}$$

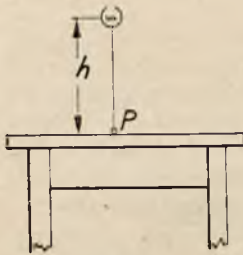
a więc liczbę świec należy pomnożyć przez 12,56.

3. *Natężenie oświetlenia* (jasność) E np. stołu mierzymy w *luksach*. Jeżeli lampa, o natężeniu światła I świec w kierunku na dół, wisi nad stołem, na wysokości h metrów, to oświetlenie na stole pod lampą w miejscu P , p. rys. 74, będzie miało natężenie:

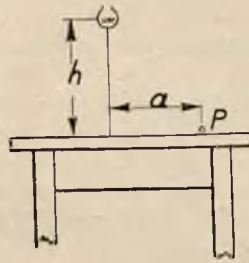
$$E = \frac{I}{h^2} \text{ luksów.}$$

Przykład. Natężenie światła lampy 100 świec, wysokość zawieszenia nad stołem 2 m, to natężenie oświetlenia stołu pod lampą w punkcie P , p. rys. 74, wynosi:

$$E = \frac{100}{2^2} = \frac{100}{4} = 25 \text{ luksów.}$$



Rys. 74.



Rys. 75.

Z boku od lampy oświetlenie będzie słabsze, p. rys. 75. W miejscu P na odległości a oświetlenie będzie miało natężenie

$$E = \frac{I \cdot h}{(\sqrt{a^2 + h^2})^3} \text{ luksów.}$$

Przykład. Jeżeli, przy zawieszeniu lampy, jak w przykładzie poprzednim, $a = 1$ m, to

$$E = \frac{100 \cdot 2}{(\sqrt{1^2 + 2^2})^3} = \frac{200}{11,2} = 17,85 \text{ luksów.}$$

Pozatym obliczamy jeszcze natężenie oświetlenia według strumienia świetlnego. Jeżeli strumień świetlny F lumenów oświetla powierzchnię s metrów kwadratowych, to średnie oświetlenie tej powierzchni wynosi:

$$E = \frac{F}{s} \text{ luksów}$$

Przykład. Strumień lampy skierowany na stół wynosi 450 lumenów, długość i szerokość stołu po 3 metry, a więc powierzchnia

$$s = 3 \times 3 = 9 \text{ m}^2,$$

a natężenie średnie oświetlenia będzie: WARSZTATY MECHANICZNE
JAN LAZAREK

$$E = \frac{450}{9} = 50 \text{ luksów.}$$

§ 65. OBLICZENIE STRUMIENIA ŚWIETLNEGO POTRZEBNEGO DO OŚWIETLENIA.

Jeżeli w pewnym lokalu mamy otrzymać oświetlenie o natężeniu E luksów, a szerokość lokalu jest a metrów, długość zaś b metrów, to potrzebny strumień świetlny wynosić będzie:

$$F = E \cdot a \cdot b \text{ lumenów.}$$

Przykład. Potrzebne natęż. ośw. 50 luksów, szerokość $a = 5$ m, długość $b = 8$ m, to potrzebny strumień świetlny F będzie:

$$F = 50 \cdot 5 \cdot 8 = 2000 \text{ lumenów.}$$

§ 66. OBLICZENIE STRUMIENIA ŚWIETLNEGO, KTÓRY MAJĄ DAĆ LAMPY.

Wobec różnych strat strumienia świetlnego lampy muszą dostarczyć strumień większy od poprzednio obliczonego strumienia użytecznego.

1. *Biura* i zwykle pokoje *mieszkalne* mające sufit biały i ściany jasne zaopatruje się zwykle w klosze z lampami rzucającymi światło i na dół i do góry, (oświetlenie półpośrednie), wtedy strumień świetlny lampy musi być 2,2 razy większy od strumienia użytecznego.

Przykład. Dla otrzymania oświetlenia 50 luksów w poprzednim przykładzie lampy muszą dać:

$$2000 \times 2,2 = 4400 \text{ lumenów.}$$

2. *Warsztaty, których sufit i ściany, wprawdzie odbijają światło, ale nigdy jasne i czyste nie bywają, straty światła są zwykle znacznie większe i wtedy strumień świetlny użyteczny należy mnożyć przez 3,3.*

3. *Warsztaty bez sufitu* odbijającego oraz kuźnie i odlewnie, oświetlane bywają lampami z nieprzezroczystymi kloszami odbijającymi światło nadół (oświetlenie bezpośrednie), w takich przypadkach należy strumień użyteczny mnożyć przez 4 dla warsztatów i przez 6 dla kuźni i odlewni.

§ 67. OBLICZENIE LICZBY POTRZEBNYCH LAMP.

Znając wymiary lokalu, zwykle dobieramy liczbę lamp dla ogólnego oświetlenia w ten sposób, aby odległość pomiędzy nimi wynosiła około 1,1 wysokości zawieszenia nad podłogą. Na tej podstawie oznaczamy sobie układ lamp na planie i w ten sposób mamy ich liczbę. Im więcej zastosujemy lamp, tym równomierniejsze będzie oświetlenie.

§ 68. OBLICZENIE STRUMIENIA ŚWIETLNEGO WYŚLANEGO PRZEZ JEDNĄ LAMPĘ.

Jeżeli cały strumień świetlny, który dają wszystkie lampy, wynosi 4400 lumenów i postanowiliśmy zawiesić 4 lampy, to każda lampa musi dostarczyć:

$$4400 : 4 = 1100 \text{ lumenów.}$$

Według tego strumienia świetlnego dobieramy wielkość lamp żarowych, korzystając z tablic podanych dalej w § 72, str. 155.

§ 69. SPOSÓB SKRÓCONY OKREŚLENIA LICZBY I WIELKOŚCI POTRZEBNYCH LAMP.

Jeżeli zastosujemy żarówki 150-watowe 110-woltowe, to w zwykłych lokalach mieszkaniowych i biurowych otrzymamy jasność 70 luksów, biorąc 11 watów na 1 m² podłogi dla łącznej mocy wszystkich lamp.

Przy napięciu 220 V, takiej samej mocy żarówki dadzą tylko 60 luksów.

W tych samych warunkach żarówki 200 lub 300-watowe dadzą powyższe natężenie oświetlenia przy 10 watach na 1 m², a 500-watowe przy 9 watach na 1 m².

W warsztatach powyższe lampy dadzą natężenie oświetlenia wynoszące 0,8 poprzedniego, a przy oświetleniu pośrednim, gdzie klosze odbijają całe światło do góry, już tylko 0,75 poprzedniego.

Przykład. Mamy oświetlić biuro w ten sposób, aby osiągnąć oświetlenie 60 luksów lampami 200-watowymi na napięcie prądu 220 V. Powierzchnia podłogi 50 m². Licząc po 10 watów na 1 m², wypadnie:

$$50 \times 10 = 500 \text{ watów}$$

na wszystkie lampy razem, a ponieważ stosujemy żarówki 200-watowe, więc liczba lamp będzie:

$$500 : 200 = 2,5$$

zaokrąglamy do 3 i zawieszamy trzy lampy.

§ 70. NORMY NATĘŻENIA OŚWIETLENIA.

Natężenie oświetlenia czyli jasność najmniejszą stosowaną u nas w różnych przypadkach podajemy w luksach:

A. Oświetlenie zewnętrzne:

1. Drogi międzymiastowe, podwórza 0,2
2. Ulice wsi i małych miasteczek oraz szosy podmiejskie 0,5
3. Ulice miejskie o małym ruchu 1,0
4. Ulice miejskie o średnim ruchu, rampy kolejowe 3,0
5. Ulice miejskie o znacznym ruchu. Perony kolejowe 5,0
6. Skrzyżowania ulic o znacznym ruchu 8,0

B. Oświetlenie wewnątrz:

1. Składy i korytarze 2
2. Wejścia, schody, miejsca pracy grubej 5
3. Poczekalnie i ustępy, miejsca pracy wymagającej rozróżniania grubszych szczegółów . . . 10
4. Sale, pokoje mieszkalne, miejsca pracy wyma-

- gającej rozróżniania niezbyt drobnych szczegółów 20
5. Sale odczytowe i rekreacyjne, miejsca oglądania rysunków i t. p. 30
6. Miejsca pracy wymagającej rozróżniania drobnych szczegółów 40
7. Klasy, laboratoria, w bibliotekach na stołach . 50
8. Kreślarnie, pracownie zegarmistrzowskie i tp. na stołach 80

Przy urządzeniu oświetlenia należy dbać nie tylko o odpowiednią jasność, lecz również o uniknięcie olśnienia nadmierną jaskrawością źródeł światła i odbić.

§ 71. OŚWIETLENIE ZEWNĘTRZNE.

O urządzeniu reklam świetlnych patrz Wiadomości Elektrotechniczne rocznik 1935 i 1936 oraz specjalne broszury.

Na ulicach i placach lampy zawieszamy zwykle na wysokości od 5 do 16 m; tym wyżej, im lampy są większe.

Wysokość zawieszenia w metrach	Odległość między lampami w metrach
8	od 35 do 55
10	„ 45 „ 70
12	„ 55 „ 85
14	„ 70 „ 110
16	„ 90 „ 140

Lampy małe zawieszamy na wysokości 3 do 6 m w odstępach 25 do 40 m.

Według powyższych wskazówek możemy określić liczbę potrzebnych lamp, a według wzorów str. 149 i 150 oraz norm podanych w § 70 obliczyć moc lamp.

§ 72. LAMPY ŻAROWE.

1. Obecnie stosowane są lampy żarowe z drucikami *wolframowymi*, których bańki szklane są tak gorące, że od materiałów łatwopalnych np. tkaniny, słoma, siano i t. p. lampy żarowe muszą się znajdować w oddaleniu conajmniej 1 metra. Dla żarówek strumień świetlny, odpowiednio do pobieranej mocy i napięcia stosowanego prądu, podajemy w tablicy:

Pobór mocy watów	Strumień świetlny w lumenach	
	przy napięciu 110, 120, 127 V	przy napięciu 220, 240 V
15	126	106
25	232	197
40	392	324
60	660	540
100	1260	1050
150	2070	1770
200	2900	2520
300	4600	4080
500	8000	7250
750	12500	11300
1000	17100	15600
1500	26200	24200

2. Normalna *trwałość* żarówek — 1000 godzin; żarówkę, której strumień świetlny spadł poniżej 60% swej wartości początkowej, uważamy za przepaloną.

3. *Natężenie* światła żarówek maleje szybko przy obniżeniu napięcia: np. żarówka mająca przy 110 V — 100 świec przy

108 V ma około 93 świec, zato przy wzroście napięcia rośnie światłość, ale zmniejsza się bardzo znacznie trwałość żarówki.

Wogóle lampki żarowe bywają sporządzane tak na bardzo małe natężenia światła — kilka świec, jak na duże do kilku tysięcy świec, dla napięć od kilku do 260 V.

Światłu żarówek można nadawać różne właściwości, stosując bańki z różnego szkła.

Szkło mleczne w lampkach tak zwanych „argenta” zapewnia światło łagodne, nierażące. Szkło niebieskawe lampek tak zwanych „światłodziennych” przepuszcza promienie, które robią wrażenie światła dziennego. Stosuje się te lampki dla pomocniczego oświetlenia dziennego, oraz dla dobrego odróżniania koloru przedmiotów oświetlanych.

Lampy „argenta” są sporządzane różnej wielkości od 25 do 500 watów (dla 220 V od 40 watów).

Lampy światłodziennie są wyrabiane na 25 do 1500 watów, na 220 V od 40 watów.

4. *Trzonki lampek* bywają z gwintem, tak zwane edisonowskie, oraz ze sztyfcikami tak zwane swanowskie (bagnetowe).

Trzonek edisonowski, goliat	średnica 39 mm
„ „ normalny	„ 26 mm
„ „ mały (mignon)	„ 15 mm
„ „ miniaturowy	„ 9 mm
Trzonek swanowski normalny	„ 22 mm
„ „ mały	„ 15 mm

§ 73. LAMPY ŁUKOWE WĘGLOWE.

1. Łukowe lampy stosuje się obecnie rzadko, głównie dla celów specjalnych, jako projekcyjne, do fotochemii i t. p. Najczęściej stosowane są łuki pomiędzy elektrodami z pałeczek węglowych.

2. Elektrody węglowe bywają t. zwane *czyste* t. j. z małą ilością domieszek i *nasycane* solami różnych metali, pozatym mogą być *pełne* lub *knotowe*, które stanowią rurkę węglową wypełnioną wewnątrz lepiej przewodzącą mieszaniną.

Przy prądzie stałym (+) elektroda knotowa (—) elektroda pełna. Przy prądzie zmiennym obie knotowe, albo obie pełne.

Światło z elektrod czystych ma barwę zbliżoną do światła słonecznego, z węgli nasyconych — różnokolorowe, zależnie od rodzaju soli, którymi nasycony jest węgiel.

3. W łuku *prądu stałego* pomiędzy czystymi węglami świeci głównie elektroda (+), w łuku *prądu zmiennego* świecą obie elektrody, łuk jest krótki — kilka mm. W łukach pomiędzy węglami nasyconymi świeci cały łuk; tu łuk jest długi, daje się rozciągnąć do kilku cm.

Są lampy z łukami odkrytymi bez bliskiej osłony — wtedy węgle spalają się szybko w ciągu kilku godzin; są też inne z osłonami w postaci małych kloszyków, wtedy węgle spalają się w ciągu przeszło 100 godzin (np. 150 godz.).

Natężenie światła łuku jest bardzo znaczne, tak np. łuki do lamp projekcyjnych z ukośnie względem siebie położonymi czystymi węglami, przy prądzie stałym z (+) elektrody wysyłają światło w kierunku największego natężenia:

przy prądzie	5 A	o natężeniu	900	świec
" "	10 "	" "	2700	"
" "	20 "	" "	6500	"
" "	30 "	" "	11800	"

Napięcie na łuku zależy od rodzaju elektrod, długości łuku i natężenia prądu; bywa najczęściej w granicach od 30 do 80 V, bywa jednak i większe.

Napięcie źródła prądu musi być zawsze o kilkanaście procentów wyższe od napięcia na łuku, gdyż dla uspokojenia łuku, w obwodzie zawsze włącza się opornik, a przy prądzie zmiennym dławik (cewka nawinięta na rdzeniu żelaznym).

Tak np. jeżeli na łuku mamy 80 V, prąd 10 A, a na sieci 110 V, to w obwodzie znajduje się opornik, którego opór wyniesie:

$$\frac{110 - 80}{10} = 3 \Omega$$

pomijając mały opór drutów łączących.

Na prąd zmienny bywają również stosowane przy każdej lampie pojedyncze transformatory.

Dla utrzymania długości łuku, stosuje się regulację samoczynną albo ręczną. Regulatory samoczynne bywają: szeregowy, bocznikowe i różnicowe czyli szeregowo-bocznikowe; te ostatnie są najczulsze i najdokładniej regulują.

§ 74. ŁUKOWE LAMPY RTĘCIOWE.

Łuk pomiędzy elektrodami rtęciowymi zwykle w rurce z kwarcu (stąd nazwa lamp kwarcowych) daje światło pozbawione niemal zupełnie promieni czerwonych; stosuje się do naswietlania w medycynie.

Napięcie na łuku np. 180 V przy 220 V na sieci, 40 V traci się w oporniku, prąd kilka amperów.

Nowy wynalazek stanowi *lampa rtęciowa Bola* wysokiego ciśnienia; oto dwa rodzaje tych lamp:

	I	II
Długość łuku w cm	2	15
Napięcie V	1200	6000
Prąd A	1,35	1,6
Moc prądu W	1450	9000
Strumień świetlny <i>lm</i>	80000	500000
Jaskrawość świec na cm^2	40000	30000

§ 75. LAMPKI ŚWIETLĄCE.

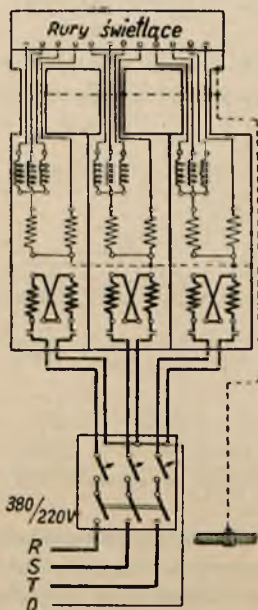
Lampki świetlące sporządza się w bankach szklanych, wypełnionych mieszaniną dwóch gazów neonu i helu o małej prężności, prąd doprowadza się do drucików lub blaszek nie stykających się ze sobą, lecz oddzielonych warstwą gazu grubości 2 mm. Pomiedzy tymi elektrodami już przy napięciu 75 V

powstaje na blasze połączonej z biegunem ujemnym tak zwana poświata katodowa.

Lampki są bardzo trwałe, zużywają bardzo mało energii, ale i światło ich jest nikłe; służą do sygnalizacji i reklam. Sporządza się na napięciu 120 V i 220 V, w trzonku mają oporniczki na kilka tysięcy omów oporu.

§ 76. RURY ŚWIETLĄCE.

1. Rury świetlące służące do *reklam* wypełniane są gazami, tak zwanymi szlachetnymi: neonem, argonem, helem, małej prężności oraz parą rtęci. Zależnie od rodzaju gazu i szkła światło ma różne barwy.



Rys. 76. Układ połączeń rur świetlących.

Dla zasilania rur prąd musi mieć wysokie napięcie. Rury z helem wymagają 1200 do 2200 V, a rury z neonem 600 do 1200 V na metr bieżący rury.

Najczęściej budowane są rury o średnicy 8 do 30 mm przy długościach 1,5 do 2,5 m.

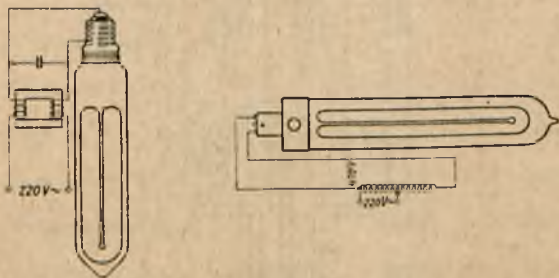
Do zasilania służą odpowiednie transformatoriki.

Napięcie zapalania jest większe o około 20% od napięcia potrzebnego podczas pracy. (Szczegóły p. Wiadomości elektrotechniczne r: 1937 oraz odpowiednie broszury). Układ połączeń rur świetlnych podany jest na rys. 76.

Końcówki i przewody wysokiego napięcia muszą być dokładnie osłonięte blaszaną pokrywą uziemioną. Szczegółowe przepisy wydane są przez Stow. El. Pol. PNE/28 — 1932 r.

§ 77. LAMPY SODOWE.

Lampy te stanowią krótkie rurki szklane napełnione podczas pracy parą sodu i gazami szlachetnymi, p. rys. 77. Początkowo po zapaleniu wyładowania elektryczne następują w ga-



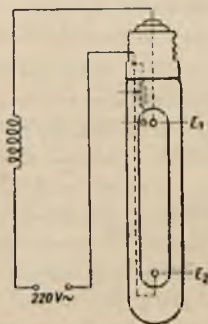
Rys. 77. Lampy sodowe.

kowo po zapaleniu wyładowania elektryczne następują w gazie. W miarę ogrzewania się rury sód, znajdujący się w lampie, zaczyna parować. Dopiero po upływie kilku minut, potrzebnych do wyparowania sodu, lampa daje swe pełne normalne światło, przeważnie żółte. Lampy te są bardzo ekonomiczne,

gdyż np., zużywając 70 W, dają 3000 lumenów, jest to tyleż światła ile daje 200-watowa żarówka. Mają zastosowanie dla oświetlenia dróg.

§ 78. LAMPY RTĘCIOWE.

Są to lampy, p. rys. 78, wypełnione podczas palenia się parą rtęci o wysokim ciśnieniu (więcej niż 1 atmosfera). Budowane są na 220 V prądu zmiennego. Dają światło niebieskawo-białe. Pełne światło lampy uzyskuje się po upływie około 5 minut od chwili zapalenia. Używane bywają w specjalnych przypadkach do oświetlenia i do reklam świetlnych.



Rys. 78. Lampa rtęciowa.

§ 79. OPRAWY DO LAMP.

Oprawy mają zwykle reflektory lub klosze przezroczyste, albo też jedno i drugie, które skierowują i rozpraszają światło.

1. Oprawy do oświetlenia *zewnątrznego* bywają różne, najważniejsze są:

- a) o rozsyle światła swobodnym;
- b) o rozsyle światła stromym w dół;
- c) o rozsyle światła poprzecznym.

2. Oprawy do oświetlenia *wewnętrznego* używane są następujące:

- a) o strumieniu światła bezpośrednio skierowanym w dół;
- b) o strumieniu światła skierowanym do góry i na dół, z kloszem całym mlecznym, albo matowym od góry i mlecznym od dołu;
- c) o strumieniu skierowanym tylko do góry z reflektorem nieprzezroczystym.

3. Specjalne oprawy porcelanowe *hermetyczne* są stosowane w lokalach wilgotnych wypełnionych parą lub gazami, które nagryzają części metalowe.

4. Jest pożądane, aby wszystkie lampy przenośne były zrobione z materiału izolacyjnego.

5. Otwory i rurki do przewodów w świecznikach muszą mieć w świetle średnicę *co najmniej* 6 mm.

6. W urządzeniach do lamp podnoszonych, w których sznury z przewodnikami są przerzucane przez krążki, krążki te muszą być wykonane z materiału izolacyjnego np. z porcelany.

7. Szczególną jednak uwagę należy zwrócić na budowę *lamp ręcznych*. Należy używać lamp mających ustrój zgodny z przepisami; najważniejsze wymagania są następujące: rękojeści muszą być z materiału izolacyjnego, otwory na przewody muszą być duże, umożliwiające użycie przewodów w oponie gumowej, obejmującej oba przewodniki. Nie wolno dawać rdzenia metalowego do rękojeści. Każda ręczna lampa musi być zaopatrzona w siatkę lub klosz ochronny. Siatka, haczyk do zawieszenia i inne części metalowe muszą być umocowane na oprawie z materiału izolacyjnego. W taką ochronę muszą być zaopatrzone szczególnie lampy ręczne dla pomieszczeń wilgotnych, wewnątrz kotłów itp.; w tych przypadkach przy prądzie zmiennym szczególnie zaleca się użycie do zasilania lamp ręcznych transformatorów przetwarzających prąd o napięciu sieci na prąd niskiego napięcia 24 V. Strona niższego napięcia powinna być zabezpieczona bezpiecznikami na normalny prąd odbiorników.

8. Na lampach stołowych wyłączniki najlepiej dawać na samym świeczniku, jeżeli go nie ma, to musi być zastosowana oprawka z kurkiem; tylko na lampkach ręcznych należy stoso-

wać oprawki bez kurka. Gdy chodzi o osłonę żarówki od uderzeń, kurzu lub wilgoci, używamy kloszy ochronnych z grubego szkła przezroczystego. Takie klosze są potrzebne szczególnie w miejscach narażonych na wybuchy. Miejsce styku klosza z oprawką należy dokładnie uszczelnić paskiem gumowym, a otwory, przez które wchodzi przewodniki, muszą być dokładnie wypełnione masą izolacyjną. W miejscach najbardziej narażonych na uderzenia, zakładamy na klosz siatkę ochronną z grubego drutu żelaznego.

§ 80. POŁĄCZENIE LAMP ŻAROWYCH Z SIECIĄ.

1. Przy napięciach sieci 110, 120 i 220 V zwykle włączamy lampy pojedynczo na pełne napięcie sieci. Napięcie, na które jest sporządzona lampka, musi być równe napięciu sieci; trzeba pamiętać, że wkręcając lampkę sporządzoną np. na 110 V do świecznika w sieci 120-woltowej, otrzymamy wprawdzie więcej światła, ale lampka prędzej przepali się. Gdy lampka jest sporządzona na 120 V, a prąd ma napięcie 110 V, to lampa będzie świecić gorzej.

Wyjątkowo tylko małe lampki choinkowe lub iluminacyjne bywają włączone grupami po kilka lub kilkanaście lampek w szereg, p. rys. 8. Jeżeli lampki są sporządzone np. na napięcie 15 V, a na sieci mamy napięcie 120 V, to w szereg należy włączać:

$$\frac{120}{15} = 8 \text{ lampek.}$$

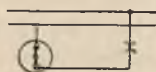
W szereg można włączać tylko lampki zupełnie *jednakowe*.

Takie grupy włącza się następnie równolegle. Grupowe połączenie lampek bywa stosowane również, gdy sieć ma napięcie wyższe od 220 V. Np. sieć tramwajowa ma napięcie 600 V, wtedy można wziąć lampy normalne 120 V wszystkie na *ten sam* pobór mocy i włączyć w szereg pięć takich lamp. Lampki dla szeregowego połączenia trzeba specjalnie dobierać, aby równo świeciły.

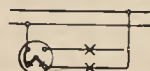
2. Gałęzie sieci, odprowadzające prąd od ostatniej tabliczki rozgałęznej, zabezpieczone jedną parą bezpieczników,

nie powinny zasilać zbyt wielkiej liczby lamp, zwykle nie więcej niż 15 lamp, aby w razie przepalenia bezpieczników nie gasło zbyt wiele lamp. Ponadto należy uwzględnić, że przy lampach niewielkich z trzonkami normalnymi na jedną gałąź nie powinno wypadać więcej, niż 6 A, a przy lampach z trzonkami dużymi (goliat) nie więcej, jak 15 A.

3. Poszczególne lampki lub równoległe grupy gasi się zwykle za pomocą wyłączników jednobiegunowych. Poza tym stosowane bywają rozmaite przełączniki:



Rys. 79.
Wyłącznik jednobiegunowy.



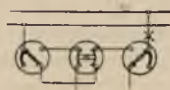
Rys. 80.
Przełącznik grupowy.



Rys. 81.
Przełącznik świecznikowy.



Rys. 82.
Przełączniki „schodowe”.

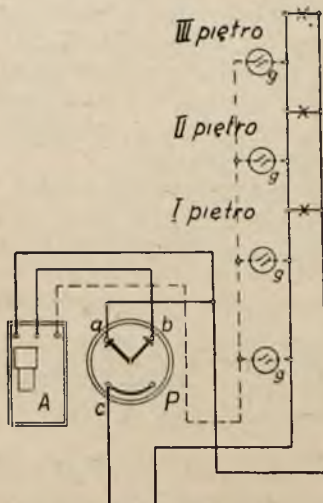


Rys. 83.
Przełączniki pośrednie „schodowe”.

a) Wyłącznik jednobiegunowy wyłącza jedną lampę lub całą grupę lamp, p. rys. 79;

- b) Przełącznik grupowy włącza każdą z dwóch grup lamp osobno, p. rys. 80;
- c) Przełącznik świecznikowy, pozwalający na włączanie osobno każdej z dwóch grup lamp oraz obydwóch razem, p. rys. 81;
- d) Przełączniki „schodowe” dla włączania prądu do lamp naprzemian z dwóch miejsc, p. rys. 82;
- e) Przełączniki pośrednie „schodowe” dla włączania tych samych lamp z kilku miejsc, p. rys. 83.

Najoszczędniejsze oświetlenie klatki schodowej polega na zastosowaniu przycisków i samoczynnego włącznika czasowego, p. rys. 84; przyciskając na chwilę przycisk g puszczaemy prąd do włącznika, który zamyka obwód lamp na określony dość krótki przeciąg czasu, po którym samoczynnie lampy gasi.



Rys. 84.

Oświetlenie klatki schodowej.

Osobny przełącznik *P* służy do zmiany układu połączeń w ten sposób, że gdy *a* jest połączone z *c*, to lampy świecą bez

przerwy, natomiast, gdy *c* jest połączone z *b*, to włączenie lamp może nastąpić tylko zapomocą przycisku i samoczynnego włącznika.

§ 81. MONTOWANIE ŚWIECZNIKÓW I ZWIESZAKÓW.

1. W *świecznikach*, składających się z rurek rozmaicie powyginanych przede wszystkim *przedmuchiemy* rurki i oglądamy ostre krawędzie. następnie wprowadzamy przewodnik giętki, dobrze ogumowany — zwykle o przekroju conajmniej $0,75 \text{ mm}^2$. Jeżeli rurka jest zbyt kręta i przewodnik nie wchodzi, to przedtym przeciągamy twardy i sprężysty drut, za pomocą którego następnie wciągamy przewodnik. W wyjątkowo trudnych przypadkach bierzemy cienką, ale mocną nitkę, przywiązujemy na końcu małą ołowianą kuleczkę i zapomocą tej kuleczki, odpowiednio przechylając świecznik, przeciągamy nitkę, a potem przy jej pomocy przewodniki. W tych miejscach, gdzie ostre krawędzie są nieuniknione, nakładamy na przewodniki tulejki z materiału izolacyjnego. Wewnątrz rurek świecznikowych przewodniki muszą leżeć luźno nie naciągnięte. Po wciągnięciu przewodników montujemy oprawkę.

Przy składaniu oprawek należy uważać, aby gołe końce przewodników były ułożone zdała jeden od drugiego i zdała od metalowej osłony, a dobrze oblutowane cyną końce przewodników zaciskamy mocno odpowiednimi śrubkami. Od gumy należy oczyszczać tylko tyle przewodnika, ile mieści się w zacisku.

W razie zanieczyszczenia, przemywamy oprawki benzyną, kontaktowe powierzchnie przecieramy szklistym papierem. Oprawki uszkodzone rozbieramy na części i sprawdzamy izolację.

2. *Zwieszaki* muszą mieć przewody o przekroju conajmniej $0,75 \text{ mm}^2$, oraz specjalną linkę wieszakową, na której zawieszają się lampę i którą za pomocą nipla umocowuje się na oprawce lampy.

Do przewodów na suficie najlepiej przyłączać przewodniki świecznikowe zapomocą zacisków umocowanych w oprawkach z materiału izolacyjnego.

Przed zawieszeniem świecznika sprawdzamy stan izolacji założonych przewodów od rurek świecznikowych. W razie stwierdzenia uszkodzenia izolacji, miejsca styku znajdujemy przez badanie poszczególnych żył przewodów i ich części.

Świeczniki należy zawieszać tak, aby nie kręciły się wokoło swaj osi, a hak musi być tak wygięty, aby świecznik nie spadał przy podniesieniu go do góry.

Lampy zwieszakowe zawieszamy na lince stalowej lub szpagacie wplecionym w przewodnik zwieszakowy. Nawet najlżejszych lamp nie należy zawieszać na samym przewodniku.

Do wszystkich lamp przenośnych należy stosować przewody oplecione lub w oponie gumowej z żyłami o przekroju conajmniej 1 mm².

Szczególłą uwagę trzeba zwracać na dobrą i trwałą izolację względem metalowych rurek świecznika; po założeniu zawsze sprawdzać, gdyż w razie zetknięcia żyły przewodu z metalową oprawą bardzo łatwo o porażenie prądem ludzi dotykających się do świecznika. Oplot przewodników tak należy zamocować w oprawie świecznika, aby same żyły przewodzące nie były narażone na ciągnięcie.

3. *We wtyczkach* przewody należy umocować starannie, oblutowując końce przewodników i zdejmując izolacji tylko tyle, ile koniecznie potrzeba. Oponę przewodów tak zamocować, aby żyły nie były narażone na ciągnięcie, śrubki kontaktowe przykręcić mocno. Zanieczyszczone powierzchnie kontaktowe oczyścić.

Wiszące lampy zawieszamy zwykle na suficie wewnątrz budynków i na ścianach czy na słupach zewnątrz. W pewnych jednak przypadkach bywa stosowane zawieszenie na stalowych drutach grub. 4 do 5 mm przy rozpiętości do 8 m i na linkach stalowych grub. 7 lub 8 mm, jeżeli rozpiętość jest większa. Doprrowadzenie prądu zapomocą przewodów płaszczowych.

§ 82. OBSŁUGA LAMP.

1. Lampy należy gasić i zapalać tylko zapomocą wyłączników; wyjątek stanowią czasem lampki ręczne, które gasimy, wyjmując wtyczkę.

Nie można zapalać i gasić lampek przez wkręcanie i wykręcanie żarówki, gdyż wtedy bańka żarówki prędko obluzuje się i wypadnie ze swego trzonka.

2. Żarówki uszkodzone i przyciemnione należy wymienić. Przy wkręcaniu żarówek uważamy, aby metalowy trzonek żarówki był osłonięty pierścieniem porcelanowym. W miejscach wilgotnych należy wkręcać żarówki po odłączeniu sieci na obu biegunach od napięcia lub też dokonywać tej czynności, starannie izolując się od ziemi zapomocą suchej deski lub stołka.

3. Reflektory i klosze należy utrzymywać w stanie czystym.

W lampach łukowych zmieniać węgle.

Lampy uliczne zaopatruje się teraz często w samoczynne wyłączniki zapalające i gaszące we właściwym czasie, które co pewien czas należy nastawiać stosownie do pory roku.

Czas świecenia lamp, patrz str. 170 i 171.

§ 83. OBLICZENIE KOSZTU OŚWIETLENIA.

Najważniejszy wydatek na oświetlenie stanowi koszt energii elektrycznej, czyli, jak zwykle mówimy, prądu.

Jeżeli 5 lamp 100-watowych świeci 150 godzin, a 50 lamp 40-watowych 100 godzin w ciągu miesiąca, to ilość energii prądu zużyta w tym czasie będzie:

$$100 \times 5 \times 150 + 40 \times 50 \times 100 = 275000 \text{ watogodzin,}$$

co stanowi 275 kWh. Jeżeli jedna kilowatogodzina kosztuje 50 gr., koszt miesięczny będzie:

$$50 \times 275 = 137 \text{ zł } 50 \text{ gr.}$$

Do tego trzeba dodać koszt wymiany przepalonych lamp, koszt obsługi i procenty na amortyzację urządzenia oraz od kapitału użytego na zaprowadzenie tego oświetlenia.

Jeżeli uwzględnimy, że lampa 40-watowa daje strumień świetlny 324 lumeny, a 100-watowa 1050 lumenów, to w roz-

ważanym miesiącu lampy dadzą światła:

$$1050 \times 5 \times 150 + 324 \times 50 \times 100 = 2407500 \text{ lumenogodzin.}$$

Koszt prądu na jedną lumenogodzinę będzie:

$$\frac{13750}{2407500} = 0,0057 \text{ gr.}$$

Przytaczamy jeszcze porównawczy koszt świecogodziny dla czterech źródeł światła dziś najczęściej używanych:

1. Elektryczna lampka żarowa 40-watowa przy cenie prądu 50 gr. za 1 kWh zużywa prądu na świecogodzinę za *0,077 gr.*
 2. Lampa naftowa o światłości 20 świec, przy zużyciu 0,042 litra nafty na godzinę, przy cenie 70 gr. za litr zużywa na świecogodzinę nafty za *0,147 gr.*
 3. Lampa spirytusowo-żarowa o światłości 20 świec przy zużyciu 0,05 litra na godzinę, przy cenie litra 64 gr., na świecogodzinę zużywa spirytusu za *0,160 gr.*
 4. Lampa gazowo-żarowa o światłości 70 świec przy zużyciu 90 litrów gazu na godzinę, przy cenie: 1000 litrów 26 gr., wypada koszt gazu na świecogodzinę *0,033 gr.*
-

§ 84. CZAS ŚWIECENIA SIĘ LAMP W GODZINACH.

	M i e s i ą c e												Rocznie
	Styczeń	Luty	Marzec	Kwiecień	Maj	Czerwiec	Lipiec	Sierpień	Wrzesień	Pazdziernik	Listopad	Grudzień	
20 godziny	125	89	67	36	6	—	—	21	54	87	117	140	742
21 "	156	117	98	66	37	20	25	52	84	118	147	171	1091
22 "	187	145	129	96	68	50	56	83	114	149	177	202	1456
23 "	218	173	160	126	99	80	87	114	144	180	207	233	1821
24 "	249	201	191	156	130	110	118	145	174	211	237	264	2186
2 "	311	257	253	216	192	170	180	207	234	273	297	326	2916
4 "	373	313	315	276	254	230	242	269	294	335	357	388	3646
4 g. do wschodu słońca	125	92	69	32	3	—	—	24	51	75	103	154	728
5 "	94	64	38	2	—	—	—	—	21	44	73	123	459
6 "	63	36	7	—	—	—	—	—	—	13	43	92	254
od zach. do wsch.	498	405	384	308	257	230	242	293	345	410	460	542	4374

§ 85. KALENDARZ OŚWIETLENIOWY

dla publicznego oświetlenia całonocnego.

M i e s i ą c	Dzień	czas trwania oświetlenia			
		od g.	min.	od g.	min.
Styczeń	1—10	16	15	7	00
	11—20	16	30	7	00
	21—31	16	30	6	45
Luty	1—10	16	45	6	45
	11—20	17	00	6	30
	21—29	17	15	6	15
Marzec	1—10	17	30	6	00
	11—20	18	00	5	45
	21—31	18	30	5	30
Kwiecień	1—10	19	00	5	00
	11—20	19	15	4	45
	21—30	19	30	4	40
Maj	1—10	19	30	4	15
	11—20	19	45	4	00
	21—31	19	45	3	45
Czerwiec	1—10	20	00	3	30
	11—20	20	15	3	15
	21—30	20	15	3	15
Lipiec	1—10	20	15	3	15
	11—20	20	00	3	30
	21—31	19	45	3	45
Sierpień	1—10	19	45	4	00
	11—20	19	30	4	15
	21—31	19	15	4	30
Wrzesień	1—10	19	00	4	45
	11—20	18	45	5	00
	21—30	18	30	5	15
Październik	1—10	18	15	5	45
	11—20	18	00	6	00
	21—31	17	30	6	15
Listopad	1—10	17	15	6	30
	11—20	17	00	6	30
	21—30	16	45	6	45
Grudzień	1—10	16	30	7	00
	11—20	16	30	7	00
	21—31	16	15	7	15

GRZEJNICTWO.

§ 86. SPRZĘT GRZEJNY.

Sprzęt w gospodarstwie domowym jest rozmaity, najczęściej używane przyrządy na prąd stały i zmienny są następujące:

Rondelki elektryczne na 0,5 do 3,5 litra pobierają prąd o mocy 0,4 do 1,2 kW.

Czajniki na 1 do 2 litrów pobierają 0,5 do 1,2 kW.

Samowary na 3 litry pobierają 1,0 do 1,5 kW.

Kawiarki na 1,5 litra pobierają 0,75 do 1,0 kW.

Płyty grzejne różnej średnicy bywają wyrabiane w pięciu wielkościach:

Średnica mm	145	180	220	300	400
Moc prądu norm. w kW	0,8	1,2	1,8	2	5
Moc prądu najmniejsza w kW	0,2	0,24	0,3	—	3,5

Do płyt grzejnych używać należy naczyń z *płaskim* szerokim dnem.

Piecyki kuchenne. Prostokątny 330 × 230 × 470 mm pobiera 1,2 — 1,8 kW.

Kociołki do wody gorącej. 15-litrowy pobiera 0,25 kW, a 50-litrowy 0,65 kW.

Przykład. Do ogrzania w kotle na 50 litrów wody o temperaturze 15^o do temperatury 85^o potrzeba

$$(85 - 15) \cdot 50 = 3500 \text{ dużych kalorii.}$$

Ponieważ 1 kWh wytwarza 860 dużych kalorii, więc ilość energii prądu potrzebnej do otrzymania powyższej ilości ciepła wyniesie:

$$\frac{3500}{860} = 4,07 \text{ kWh}$$

Jeżeli moc pobierana przez kocioł wynosi 1 kW, to czas, w ciągu którego musi on być włączony na prąd, wynosi:

$$4,07 : 1 = 4,07 \text{ godzin,}$$

jeżeli pominiemy straty.

Warniki o pojemności od 5 do 120 litrów pobierają od 0,6 do 3,6 kW.

Cała kuchnia dla gospodarstwa na 4 osoby pobiera od 3,2 do 4,2 kW; na 6 osób — 4 do 5 kW, a na 12 osób — 6,6 do 7,6 kW.

Żelazka małe, wagi 1,5 do 4 kg, pobierają 0,2 do 0,5 kW, duże, wagi 6 do 10 kg — 0,66 do 0,88 kW.

Grzałka do zagrzewania wody zużywa od 0,3 do 2 kW. Sprawność 90 do 95%.

Kolby do lutowania 0,25 do 0,35 kW.

Inny sprzęt. Przewietrzniki do suszenia włosów pobierają 0,55 kW, poduszki 0,01 do 0,06 kW, zapalniczki — 0,1 kW.

Piecyki do ogrzewania powietrza w pokojach wykonywane bywają kilku wielkości: na moc pobieraną: 0,7 kW, 1,2 kW, 2 kW i 3 kW, odbłyiskowe — 0,4 do 1,5 kW. Na 1 m³ potrzeba przeciętnie około 50 W mocy.

Przykład. Do ogrzania pokoju długości 4 m, szerokości 3 m, wysokości 3 m, potrzeba mocy:

$$4 \times 3 \times 3 \times 50 \text{ W} = 1800 \text{ W} = 1,8 \text{ kW.}$$

Gdy *grzejnik* ma dopływ prądu *regulowany*, to moc oznaczona na tabliczce zwykle jest mocą największą. Dla podtrzymania temperatury wystarcza wtedy $\frac{1}{2}$ lub $\frac{1}{4}$ powyższej mocy.

Ciepło łuku elektrycznego wykorzystuje się do spawania i topienia metali.

Do topienia metali wykorzystuje się również ciepło od prądów indukcyjnych.

§ 87. WAŻNIEJSZE PRZEPISY DOTYCZĄCE SPRZĘTU GRZEJNEGO *)

Każdy przyrząd musi być zaopatrzony w napis podający jego napięcie robocze i moc pobieraną w watach.

Materiały izolacyjne muszą być odporne na gorąco. Wszystkie części wiodące prąd muszą być zaopatrzone w osłony. W ogrzewaczach do płynów wszystkie części metalowe, stykające się z ogrzewanym płynem, muszą być izolowane od części prąd wiodących.

Wyłączniki wolno wbudowywać tylko w ogrzewacze na niskie napięcie.

Doprowadzenie przewodów musi być tak skuteczzone, aby przewody doprowadzające prąd nie były narażone na szkodliwe gorąco.

Wtyczki wolno używać do wyłączania prądu przy ogrzewaczach na moc niższą od 2000 W i natężenie prądu mniejsze od 20 A, przytym zamocowanie przewodu na przyrządzie grzejnym i na wtyczce należy tak zmontować, aby żyły prowadzące prąd nie były narażone na ciągnięcie. Ogrzewacze należy stawiać zdala od materiałów palnych. Rondelki, kociołki i czajniki bez płynu nie mogą, bez uszkodzenia, znajdować się pod prądem.

Żelazka pozostawione pod prądem w jednym miejscu wypalają tkaninę.

Przyłączając grzejniki do istniejącej sieci, należy zwrócić szczególną uwagę, aby *nie przeciążyć* przewodów i nie wywołać nadmiernego *spadku napięcia*.

*) Przepisy budowy i ruchu PNE 10/1932 r. § 32.

W sieci trójfazowej mogą być przyłączane do dwóch przewodów grzejniki najwyżej do 2,2 kW, gdy napięcie sieci wynosi 220 V i najwyżej 1,1 kW, gdy napięcie wynosi 120 V. To samo dotyczy trójprzewodowej sieci prądu stałego.

Większe odbiorniki muszą być przyłączone do wszystkich trzech faz, a przy prądzie stałym do skrajnych przewodów, lub jednakowo obciążać obie połówki sieci pomiędzy (+) a (0) i pomiędzy (0) a (—).

Dla zasilania takich dużych odbiorników należy prowadzić specjalne odgałęzienia od głównego punktu rozdzielczego budynku.

§ 88. OBLICZENIE ILOŚCI CIEPŁA.

Ilość ciepła wytworzona prądem elektrycznym obliczamy, mając napięcie prądu, natężenie prądu i czas, w ciągu którego prąd płynie, w następujący sposób.

Przykład. Napięcie prądu wynosi 220 V, natężenie prądu 10 A, prąd płynie w ciągu 5 godzin, to z tego prądu wytworzy się ciepła w przyrządzie grzejnym:

$$220 \times 10 \times 5 \times 0,86 = 9460 \text{ kilogram-kaloryj,}$$

jest to taka ilość ciepła, która rozgrzewa 94,6 kg wody od 0^o do 100^o, jeżeli całe to ciepło pochłonie woda (patrz str. 13).

W przyrządach grzejnych część ciepła się traci.

Np. przy użyciu płyt grzejnych traci się około 50%, natomiast w rondelkach tylko 20%, czyli sprawność płyt jest 50%, a rondelków 80%.

Wszystkie powyższe obliczenia stosuje się tak do prądu stałego, jak zmiennego.

§ 89. NAPRAWA GRZEJNIKÓW.

Przy naprawie grzejników najczęściej chodzi o zmianę przepalonego opornika, wtedy najlepiej brać gotowy opornik z fabryki, przystosowany do napięcia i prądu przyrządu grzejnego, zastąpić skruszałą izolację nową, ale możliwie lepszą,

ogniotrwałą, oczyścić powierzchnie kontaktowe i ściśle przyłączyć końce opornika do kontaktów, mocno zaciskając śruby.

Drut na oporniki tego rodzaju używa się obecnie zwykle chromoniklowy, którego opór musi być przystosowany do napięcia i prądu według prawa Ohma, ten sam na prąd stały, co na prąd zmienny.

Przykład. Grzejnik pobiera 5 A prądu, przy 220 V, więc opór drutu grzejnego będzie:

$$\frac{220}{5} = 44 \Omega$$

Oprócz oporu, drut grzejny musi mieć określony przekrój, dobrany w ten sposób, aby drut rozgrzewał się do temperatury dopuszczalnej.

SIEĆ URZĄDZENIA ELEKTRYCZNEGO.

§ 90. ZASTOSOWANIE RÓŻNYCH UKŁADÓW.

1. *Małe* urządzenia na małych statkach i w poszczególnych domach mieszkalnych lub wytwórniach bywają zwykle na prąd stały, dwuprzewodowe, przy napięciu 110 V, oba przewody izolowane od ziemi.

2. Urządzenia dla kilku domów lub większej wytwórni albo dużego statku mogą być również na prąd stały, dwuprzewodowe, lecz przy napięciu 220 V.

3. Urządzenia w dużych wytwórniach bywają zwykle na prąd trójfazowy 3000 V w elektrowni, 220 V i 380 V na sieci.

4. Małe urządzenia miejskie — na prąd stały dwuprzewodowe na napięciu $2 \times 220 = 440$ V, p. rys. 11, z przewodem zerowym uziemionym w elektrowni i w kilku miejscach sieci.

6. Urządzenia miejskie średnie na prąd trójfazowy czteroprzewodowe, p. rys. 14, na napięciu $3 \times 220 / 3 \times 380$ V, z zerowym przewodem uziemionym na elektrowni i w kilku miejscach sieci.

7. Urządzenia miejskie duże — prąd trójfazowy w elektrowni napięcie 3×6300 V, na mieście transformatory z 3×6000 V na 3×220 , dawniej 3×120 V; do przedmieść doprowadza się prąd o napięciu podwyższonym np. do 15000 V i tam transformuje się z 3×15000 V na 3×220 V.

8. Urządzenia okręgowe duże — prąd trójfazowy o napięciu w elektrowni 3×6300 V albo 3×15000 V, potem na miejscu transformuje się na napięcie wyższe np. 30000, 60000, 100000, 200000 V, tym wyższe, im dalej leży obszar zasilania, aby większą moc dało się przenieść zapomocą cieńszych prze-

wodów. Na miejscu zużycia energii napięcie obniża się do 6000 V, a następnie do 220 V, lub 380 V w układzie trójfazowym trójprzewodowym lub w układzie czteroprzewodowym $3 \times 380 \text{ V} / 3 \times 220 \text{ V}$ z zerowym przewodem uziemionym.

§ 91. REGULACJA NAPIĘCIA.

We wszystkich tych urządzeniach podtrzymuje się stałe napięcie na odbiornikach. Regulacja napięcia dokonywa się przez odpowiednie utrzymywanie napięcia prądnic — im wyższe obciążenie, tym wyższe daje się napięcie, aby pokryć większe straty napięcia w sieci, zwykle do kilkunastu %, a więc np. przy małym obciążeniu trzymamy w elektrowni napięcie 220 V, przy dużym obciążeniu — 230 V.

Przy prądzie zmiennym oprócz regulacji napięcia prądnic można nastawiać napięcie przez zmianę przekładni transformatorów skokami za pomocą odpowiednich zaczepów. W sieciach mniej ważnych, przy wahaniami napięcia, które występują sezonowo przy obciążeniu przeważnie oświetleniowym, gdzie spadek napięcia większy jest zimą niż latem, można nastawiać napięcie, przełączając zaczepy w odpowiednim czasie. W innych sieciach, gdzie potrzebna jest regulacja ciągła, znajdują zastosowanie transformatory regulacyjne, w których przekładnię zmieniamy w sposób ciągły. Szczególnie potrzebne są tego rodzaju urządzenia w liniach długich lub w sieciach o bardzo znacznej długości, gdzie ze względów gospodarczych dopuszczalne są znaczne spadki napięcia.

PRZEWODY W URZĄDZENIACH ELEKTRYCZNYCH

§ 92. NAJMNIEJSZE PRZEKROJE.

1. *Najmniejszy przekrój* dopuszczalny ze względów mechanicznej wytrzymałości zależy: 1) od wytrzymałości mechanicznej *materiału* przewodu i 2) od sposobu założenia. W jednakowych warunkach przewod miedziany wymaga większego przekroju niż brązowy. Przewody napowietrzne są narażone na zerwanie wskutek wiatru, sadzi i mrozu, który powoduje kurczenie się i naciąganie przewodu. Natomiast przewody w budynkach zawieszane przy małych rozpiętościach, lub ułożone w rurkach, są w korzystniejszych warunkach i mogą mieć przekroje mniejsze.

W praktyce elektrotechnicznej, ze względów mechanicznej wytrzymałości, zostały ustalone następujące najmniejsze przekroje dopuszczalne różne w rozmaitych warunkach:

1. Przewody zakładane wewnątrz rurek świecznikowych 0,75 mm².
2. Przewody zwieszakowe, sznury pokojowe i przewodniki lekkie w oponie gumowej 0,75 mm².
3. Przewody do przenośnych odbiorników prądu, za wyjątkiem wymienionych pod 2) 1 mm².
4. Przewody izolowane zakładane na stałe w rurkach 1 mm².
5. Przewody zakładane na stałe na gałkach, zaciskach itp. (na ścianach i sufitach), jeżeli odległość punktów umocowania nie jest większa od 1 m . . . 1,5 mm².

- jeżeli powyższa odległość nie jest większa
od 2 m 2,5 mm²,
jeżeli powyższa odległość jest większa od 2 m . 4 mm².
6. Kable obołowione 1,5 mm².
7. Przewody gołe pod dachem lub pod gołym niebem, jeżeli punkty zawieszenia odległe są od siebie nie więcej niż 20 m 4 mm².
8. Przewody napowietrzne przy rozpiętości zawieszenia nie przekraczającej 35 m i niskim napięciu *) . 6 mm².
9. Przewody napowietrzne we wszystkich innych przypadkach, z wyjątkiem przewidzianych w przepisach obstrzających 10 mm².

§ 93. PRZEKROJE PRZEWODÓW ZE WZGLĘDU NA WYTRZYMAŁOŚĆ CIEPLNĄ.

Przekroje przewodów w sieciach elektrycznych muszą być również dobrane ze względu na *ogrzewanie* prądem.

Przewód nagrzewa się tym silniej, im większy prąd przepływa przez niego, pozatym stopień ogrzewania zależy:

od *materiału* przewodu: metale o większym oporze właściwym grzeją się mocniej, np. bronz silniej, niż miedź,

od *przekroju*: grubsze przewody przy tym samym prądzie grzeją się mniej,

od *sposobu założenia*: najmniej grzeją się dobrze chłodzone gołe przewody zawieszane swobodnie na wolnym powietrzu.

W najniekorzystniejszych warunkach znajdują się przewody w budynkach; natomiast kable, zakopane w ziemi, studzą się lepiej i mogą być obciążone prądem większym.

Nadmierne nagrzanie przewodu może uszkodzić przewód i jego izolację, albo wywołać pożar przez zapalenie znajdujących się w pobliżu materiałów łatwopalnych.

*) W sieciach 110 V, 220 V oraz 2 × 220 V lub 3 × 220/3 × 380 V z uziemionym zerowym przewodem.

Wobec tego *zawsze* musimy przestrzegać, aby przewody nie były przeciążone prądem (liczbą amperów). Uważamy za dopuszczalne grzanie się przewodów o 20⁰ powyżej otoczenia, wyjątkowo w kablach obołowionych o 25⁰ ponad otoczenie.

Obciążenie prądem przewodów z innych metali w porównaniu do obciążenia przewodów miedzianych obliczamy ze wzoru:

$$J = 0,134 J_m \sqrt{k}$$

J_m — dopuszczalne natężenie prądu dla przewodów miedzianych, k — przewodność innego materiału przewodów, dla których obliczamy dopuszczalne natężenie prądu.

W praktyce przekroje przewodów miedzianych ze względu na *nagrzewanie* dobieramy według następujących tablic, stosownie do obciążenia prądem w amperach.

TABLICA I
przewodów napowietrznych.

Przekrój w mm ²	Bezp. do A	Prąd A	Przekrój w mm ²	Bezp. do A	Prąd A
6	35	70	50	190	260
10	60	95	70	225	320
16	100	130	95	300	385
25	125	170	120	360	450
35	160	210	150	360	510

W tej tablicy w pierwszej kolumnie mamy najczęściej używane przekroje drutu, w drugiej kolumnie prąd znamionowy bezpiecznika, który zabezpiecza przewody od przeciążenia, w trzeciej kolumnie — największy prąd długotrwały, którym można obciążać przewód według przepisów w sieci warszawskiej.

TABLICA II

dozwolonego obciążenia przewodów izolowanych gumą.

1	2	3	4
Przekrój miedzi mm ²	Ruch ciągły		ruch przerywany
	Nominalne na- tężenie prądu odpowiedniego bezpiecznika A	Największe dozwolone natężenie prądu	
		trwałe A	przy pełnym obciążeniu A
0,75	6		9
1	6		11
1,5	10		14
2,5	15		20
4	20		25
6	25		31
10	35	43	60
16	60	75	105
25	80	100	140
35	100	125	175
50	125	160	225
70	160	200	280
95	200	240	335
120	225	280	400
150	260	325	460
185	300	380	530
240	350	450	630
300	430	525	730
400	500	640	900
500	600	760	—
625	700	880	—
800	850	1050	—
1000	1000	1250	—

W kolumnie pierwszej są podane powszechnie używane przekroje, w kolumnie drugiej — wskazano jaki bezpiecznik ma być zastosowany dla ochrony od przeciążenia takiego przewodu, w kolumnie trzeciej największe trwałe dozwolone natę-

żenie prądu, w kolumnie czwartej — największe dozwolone natężenie prądu przy pełnym obciążeniu w ruchu przerywanym, składającym się z dowolnie długiego szeregu krótkotrwałych obciążeń, przerywanych postojami. Czas trwania obciążenia i następującego po nim postoju łącznie nie powinien przekraczać 10 minut.

Tablica III str. 183 stosuje się do kabli zakopanych w ziemi pojedynczo. W razie ułożenia w jednym rowie: np. 2 kabli można je obciążyć prądem wynoszącym 0,9 od prądu podanego w tablicy III i t. d. według tablicy następującej:

Liczba kabli w rowie	2	4	6	8
Mnożnik	0,9	0,8	0,75	0,7

W ten sam sposób obciążamy kable układane w obszernych kanałach zapełnionych piaskiem.

Gdy kable są zawieszane swobodnie w powietrzu pod stropem lub w obszernych kanałach, zaleca się ograniczyć prąd do 0,75 watości prądu w tabl. III.

Kable, ułożone w wąskich rurach i kanałach, obciążamy jeszcze mniej, ograniczając dozwolony największy prąd do 0,65 podanego w tablicy III.

§ 94. PRZEKRÓJ PRZEWODÓW ZE WZGLĘDU NA ULOT.

Przy bardzo wysokich napięciach, 60 kV i wyżej nie należy stosować przewodów cieńszych od 35 mm² dla uniknięcia znacznych strat na ulot. W tych warunkach w budynkach stosowane bywają przewody w postaci rur, w ten sposób ułożone, aby nie było nigdzie ostrych krawędzi.

§ 95. SPADEK NAPIĘCIA.

Dla utrzymania wzdłuż sieci przewodów w różnych miejscach właściwego napięcia należy dobrać przekroje na odpowiedni spadek napięcia.

Zasadniczy wzór, według którego oblicza się spadek napięcia u w dwuprzewodowej linii o długości l metrów, przy przekroju przewodu s mm², przewodności k i prądzie J amperów, jest następujący:

$$u = J \frac{2l}{ks}$$

Zwykle stosowana na przewody miedź ma przewodność właściwą wynoszącą okrągło:

$$k = 55,$$

wyjątkowo dla miedzi trwardej

$$k = 54.$$

Przykład. Napięcie na początku linii 230 V, długość linii, czyli pojedyncza długość przewodnika 100 m, p. rys. 7, przekrój 10 mm², przewodność właściwa miedzi 55, a natężenie prądu 30 A, to spadek napięcia:

$$u = 30 \times \frac{2 \times 100}{55 \times 10} = 10,9 \text{ V},$$

co stanowi 5% od 220 V, a napięcie na końcu linii będzie w punktach $c d$, p. rys. 7:

$$230 - 10,9 = 219,1 \text{ V}$$

Jeżeli by prąd wynosił nie 30 A, a tylko 5 A, to spadek napięcia byłby:

$$u = 5 \times \frac{2 \times 100}{55 \times 10} = 1,82 \text{ V},$$

a napięcie na końcu linii byłoby:

$$230 - 1,82 = 228,18 \text{ V}$$

Duży spadek napięcia wywołuje wahanie napięcia na odbiornikach.

W sieciach oświetleniowych, gdzie w każdym miejscu może być przyłączony odbiornik, i gdzie zależy na spokojnym *wol-*

tażu, dopuszczalny spadek napięcia wynosi:

3 do 4%

całkowitego napięcia, w sieciach zaś wyłącznie przeznaczonych do zasilania silników dopuszczamy:

5 do 6%

całego napięcia.

Sieć rozdzielczą *dla siły* prowadzimy w miarę możliwości zawsze *niezależnie* od *sieci do światła*.

W liniach tak zwanych zasilających, do których odbiorników bezpośrednio nie przyłącza się, dopuszczalny spadek napięcia wynosi zwykle 10%, wyjątkowo więcej.

Dobierając przekroje przewodów według spadku napięcia unikamy również nadmiernych *strat mocy prądu* w przewodach.

§ 96. PRZEKROJE PRZEWODÓW PRZY RÓŻNYCH NAPIĘCIACH PRĄDU

Wzdłuż linii pracującej pod napięciem 220 V prądu stałego przesyłamy prąd o mocy 10 kW na odbiornikach, długości linii, czyli odległość odbiorników od źródła prądu 200 m, strata napięcia powinna wynosić 3%, obliczamy jaki będzie potrzebny przekrój przewodów miedzianych, których przewodność właściwa wynosi 55.

Ze wzoru na str. 185 na spadek napięcia wypada przekrój:

$$s = J \frac{2l}{k u}$$

Prąd J mamy:

$$J = \frac{10000}{220} = 45.5 \text{ A}$$

Spadek napięcia ma wynosić

$$u = \frac{220 \times 3}{100} = 6.6 \text{ V}$$

Wobec tego:

$$s = 45,5 \times \frac{2 \times 200}{55 \times 6,6} = 50,2 \text{ mm}^2$$

W zaokrągleniu do przekrojów używanych, patrz str. 182, wypadnie 50 mm². Jeżeli byśmy chcieli taką samą moc przenieść za pomocą prądu o napięciu 110 V, w takich samych warunkach jak poprzednio, to mielibyśmy prąd:

$$J = \frac{10000}{110} = 91 \text{ A}$$

Spadek napięcia wyniósłby:

$$u = \frac{110 \times 3}{100} = 3,3 \text{ V}$$

a wobec tego przekrój przewodników otrzymalibyśmy:

$$s = 91 \times \frac{2 \times 200}{55 \times 3,3} = 200,8 \text{ mm}^2$$

a biorąc przekroje spotykane w handlu (patrz str. 182) conajmniej 185 mm².

Z tych obliczeń widzimy, że w tych samych warunkach wypadają przekroje tyle razy większe, ile razy jest mniejsze napięcie *w kwadracie*. W naszym przykładzie przy napięciu dwa razy mniejszym, wypadł przekrój *cztery razy większy*. Dlatego to w miarę wzrostu obszaru zasilania zmuszeni jesteśmy brać coraz wyższe napięcie prądu zasilającego.

§ 97. PORÓWNANIE PRZEKROJÓW PRZEWODÓW W LINII PRĄDU STAŁEGO I PRĄDU TRÓJFAZOWEGO.

Obliczmy przekrój przewodów w linii trójfazowej, po której przesyłamy 10 kW na odległość 200 m przy napięciu międzyprzewodowym 220 V na stratę mocy 3%.

Prąd obliczymy ze wzoru:

$$J = \frac{10000}{1,73 \cdot 220} = 26,3 \text{ A}$$

Stratę mocy na jeden przewód ze wzoru:

$$\frac{10000 \cdot 3}{3 \cdot 100} = 100 \text{ W,}$$

opór jednego przewodu:

$$\frac{100}{(26,3)^2} = 0,144 \ \Omega$$

Wobec tego przekrój:

$$s = \frac{200}{0,144 \times 55} = 25,3 \text{ mm}^2$$

W poprzednim przykładzie obliczonym w tych samych warunkach dla tej samej przenoszonej mocy na prąd stały otrzymaliśmy przekrój 50 mm², a więc dwa razy większy. Jeżeli uwzględnimy, że linia trójfazowa ma trzy przewody, a prądu stałego dwa przewody, wypadnie, że stosując prąd trójfazowy, oszczędzamy na ilości miedzi potrzebnej na przewody 25%.

§ 98. ZESTAWIENIE WZORÓW DLA OBLICZENIA PRZEKROJU PRZEWODÓW NA SPADEK NAPIĘCIA.

Oznaczenia: l — długość linii czyli toru w metrach, s — przekrój każdego drutu w mm², p — spadek napięcia w %, U — napięcie prądu na odbiornikach w woltach, J — prąd w każdym przewodzie w amperach, jednakowy na całej długości toru.

1. Prąd stały (p. rys. 10):

$$s = 3,64 \cdot \frac{J \cdot l}{U \cdot p}$$

Przykład. Odległość odbiornika od miejsca zasilania linii $l = 100$ m, prąd $J = 20$ A, napięcie prądu na odbiorniku $U = 220$ V, spadek napięcia 3%, wtedy przekrój każdego z dwóch przewodów będzie:

$$s = 3,64 \times \frac{20 \times 100}{220 \times 3} = 11 \text{ mm}^2$$

2. Prąd jednofazowy do oświetlenia (niema przesunięcia faz pomiędzy napięciem a natężeniem prądu) jak na rys. 10:

$$s = 3,64 \frac{J \cdot l}{U \cdot p}$$

zaś przy obciążeniu o współczynniku mocy — $\cos \varphi$:

$$s = 3,64 \frac{J l \cos \varphi}{U \cdot p}$$

3. Prąd trójfazowy do oświetlenia (niema przesunięcia faz pomiędzy prądem a napięciami), (p. rys. 12):

$$s = 3,15 \frac{J l}{U \cdot p}$$

a przy obciążeniu o współczynniku mocy — $\cos \varphi$:

$$s = 3,15 \frac{J l \cos \varphi}{U \cdot p}$$

Przykład. Odległość $l = 100$ m, prąd $J = 20$ A, napięcie międzyprzewodowe $U = 220$ V, spadek napięcia $p = 3\%$.

$$s = 3,15 \times \frac{20 \times 100}{220 \times 3} = 9,5 \text{ mm}^2$$

Czasem bywa dogodniej prowadzić obliczenia nie według obciążenia linii prądem, lecz według mocy przenoszonej wzdłuż linii do odbiornika. Oznaczmy ją przez P w watach, wtedy powyższe wzory przybiorą następującą postać:

4. Dla prądu stałego i zmiennego jednofazowego przy dowolnym obciążeniu:

$$s = 3,64 \frac{P l}{U^2 \cdot p}$$

Przykład. Moc prądu $P = 10000$ W, $l = 200$ m, $U = 220$ V, $p = 3\%$.

$$s = 3,64 \times \frac{10000 \times 200}{220^2 \times 3} = 50 \text{ mm}^2$$

5. Dla prądu trójfazowego niezależnie od rodzaju obciążenia:

$$s = 1,82 \frac{P l}{U^2 \cdot p}$$

6. Powyższe wzory dają wyniki dobre dla przewodów kablowych i wszelkich przewodów wewnątrz budynków, zazwyczaj izolowanych, przy małych odległościach pomiędzy przewodami różnych biegunów.

Dla *przewodów napowietrznych* mogą być stosowane tylko te wzory, które są podane dla prądu stałego. Wzory zaś dla prądu zmiennego wymagają poprawek na spadek napięcia indukcyjny.

Otrzymane z powyższych wzorów przekroje należy powiększyć, mnożąc je przez liczby podane w następującej tabelicy w zależności od zwiększonych przekrojów przewodów i $\cos \varphi$ obciążenia linii, dla odległości między przewodami różnych biegunów od 40 do 60 cm.

Przekrój mm ²	c o s φ			
	0,9	0,8	0,7	0,6
10	1,10	1,16	1,21	1,28
16	1,15	1,24	1,32	1,43
25	1,23	1,36	1,49	1,63
35	1,31	1,49	1,66	1,86
50	1,43	1,67	1,91	2,19
76	1,58	1,90	1,23	2,61
95	1,77	2,19	2,61	3,12

Przy $\cos \varphi = 1$ wpływu indukcyjności przewodów można nie uwzględniać.

§ 99. ZESTAWIENIE WZORÓW DLA OBLICZENIA PRZEKROJU PRZEWODÓW NA STRATĘ MOCY.

Oznaczenia: l — długość linii czyli toru przewodów w metrach, s — przekrój każdego przewodu w mm^2 , p — strata mocy w % od całej mocy przenoszonej P w watach, napięcie międzyprzewodowe — U w woltach, $\cos \varphi$ — współczynnik mocy prądu zasilającego odbiorniki.

1. Dla prądu stałego wzory te same, jak na spadek napięcia.

2. Dla prądu zmiennego jednofazowego:

$$s = 3,64 \frac{Pl}{U^2 \cdot \cos \varphi^2 \cdot p}$$

3. Dla prądu zmiennego trójfazowego:

$$s = 1,82 \frac{Pl}{U^2 \cdot \cos \varphi^2 \cdot p}$$

Przykład. Silnik pobiera 50 kW przy $\cos \varphi = 0,9$, zasilany przez linię długości 200 m; obliczyć przekrój przewodów linii trójfazowej, zakładając stratę mocy 4%. Napięcie międzyprzewodowe 380 V.

$$s = 1,82 \times \frac{50000 \times 200}{380^2 \times 0,9^2 \times 4} = 39 \text{ mm}^2$$

§ 100. OSTATECZNY WYBÓR PRZEKROJU.

Gdy przekrój obliczymy na spadek napięcia lub stratę mocy, to zaokrąglamy go do najbliższego wyższego w tablicy używanych przekrojów, następnie sprawdzamy, czy jest dostateczny na wytrzymałość cieplną i mechaniczną.

Największy przekrój przeważnie wypada z obliczenia na spadek napięcia lub stratę mocy, względ na nagrzewanie roz-

strzyga tylko przy odległościach nieznacznych, a względ na wytrzymałość przy prądach małych.

Przykład. Założmy, że przewód obliczony w poprzednim paragrafie ma być przewodem izolowanym założonym na ścianie; w takim razie z tab. na str. 182 wypada, że 39 mm² należy zaokrąglić do 50 mm².

Następnie obliczamy prąd w przewodzie ze wzoru:

$$J = \frac{P}{1,73 \cdot U \cdot \cos \varphi},$$

a więc:

$$J = \frac{50000}{1,73 \cdot 380 \cdot 0,9} = 85 \text{ A}$$

Ponieważ z tablicy widzimy że przekrój 50 mm² można obciążyć prądem 160 A, więc obrany przez nas przekrój jest dobry.

Ze względu na wytrzymałość mechaniczną możemy ciągnąć przewody już 4 mm², więc i pod tym względem przekrój 50 mm² nie nastrocza wątpliwości, na nim więc zatrzymujemy się.

Przekroje należy zawsze tak zaokrąglić, aby, przy rozgałęzieniach, nigdy przekrój przewodów poprzednich, przed rozgałęzieniem nie był mniejszy od przekrojów rozgałęzień dalszych.

§ 101. OBLICZENIE PRZEKROJÓW W TORZE TRÓJPRZEWODOWYM PRĄDU STAŁEGO. I CZTEROPRZEWODOWYM PRĄDU TRÓJFAZOWEGO.

Przekrój skrajnych przewodów obliczamy na ten przypadek, gdy mamy równe obciążenie przewodów skrajnych (+) i (—), a w zerowym przewodzie prądu niema, biorąc jednak spadek napięcia mniejszy, wynoszący tylko 0,75 spadku napięcia stosowanego w torach dwuprzewodowych. Przekrój przewodu zerowego bierzemy równy 0,5 czyli połowie przekroju przewodów skrajnych. W przypadkach szczególnych, gdy mamy długi przewód zasilający, na końcu którego mamy znaczną liczbę odbiorników jednakowych co do warunków ich pracy np. światło w lokalach mieszkalnych, albo silniki napędzające maszyny jednakowego przeznaczenia, wtedy można brać przekrój

przewodu zerowego równy 0,25 czyli jednej czwartej części przekroju przewodów skrajnych.

Tory czteroprzewodowe trójfazowe otrzymują przekroje przewodów fazowych obliczone na równe obciążenie faz, tak jak gdyby zerowego przewodu nie było, ale na mniejszy spadek napięcia wynoszący 0,75 spadku napięcia torów trójfazowych z trzema przewodami.

Przekrój zaś przewodu zerowego bierzemy równy *połowie* przekroju przewodów fazowych, w wyjątkowych przypadkach, gdy chodzi o tor długi zasilający oświetlenie lokali o jednakowym przeznaczeniu, równomiernie rozłożone na trzy fazy, to możemy wziąć przekrój zerowego przewodu równy czwartej części przekroju przewodów fazowych.

Bywa i odwrotnie, gdy spodziewamy się znacznych różnic w obciążeniu faz, bierzemy przekrój przewodu zerowego równy przekrojowi przewodów fazowych.

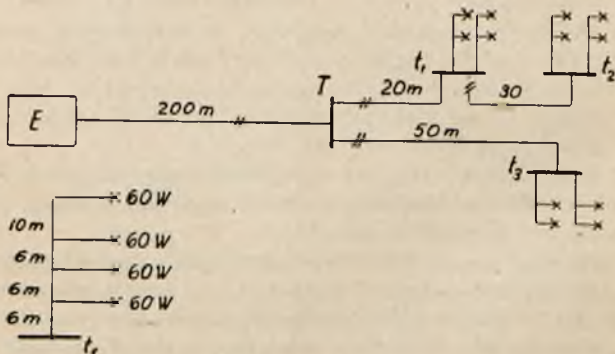
Ponadto przewodów zerowych gołych uziemionych, ze względu na wytrzymałość, nie należy stosować cieńszych od 4 mm². Do 35 mm² w ogóle bierzemy przekrój taki sam jak fazowy, dopiero, gdy są grubsze, stosujemy przewody zerowe cieńsze.

Jako przykład podajemy tablicę przekrojów stosowanych w odgałęzieniach od sieci napowietrznych, przy napięciu fazowym 220 V i międzyprzewodowym 380 V, do urządzeń oświetleniowych.

Przyłącze		Nominalny prąd bezpiecznika A	Przekrój przewodów od sieci do domu mm ²		Najmniejszy przekrój przewodu od przyłącza do licznika mm ²
Liczba obwodów	Moc kW		Przewody fazowe	Przewód zerowy	
od 1 do 2	do 1	15	1 × 10	10	2,5
" 3 " 4	od 1 do 2	15	2 × 10	10	2,5
" 5 " 6	" 2 " 3	15	3 × 10	10	2,5
" 7 " 9	" 3 „4,5	20	3 × 10	10	4
" 10 " 12	" 4,5 „6,0	25	3) × 10	10	6

§ 102. OBLICZENIE SIECI OŚWIETLENIOWEJ NA PRĄD STAŁY.

Własna elektrownia E dostarcza prądu do kilku domów. W jednym z domów mamy główną tablicę rozdzielczą T i wtórne tabliczki rozdzielcze t_1, t_2, t_3), p. rys. 85.



Rys. 85.

Prąd stały, napięcie 220 V, układ dwuprzewodowy. Na schemacie pokazano odległości w metrach wzięte z planu sytuacyjnego posesji oraz planu i przekroju budynków z dodatkiem 10% na nieprzewidziane zakręty i t. p.

1. *Odgałęzienia drobne* do lamp od tabliczek t_1, t_2, t_3 bierzemy bez obliczenia 1 mm², 1,5 mm², 2,5 mm², stosownie do długości i obciążenia, długie i znacznie obciążone gałęzie wybieramy grubsze.

Mając te przekroje i obciążenie w watach, obliczamy spadek napięcia w tych rozgałęzieniach w % ze wzoru:

$$p = 3,64 \frac{P \cdot l}{U^2 s}$$

*) Schemat przedstawiony liniami pojedynczymi, oznaczającymi dwa przewody.

Tu P — obciążenie całej gałęzi, l — średnia odległość lamp od tabliczki liczona wzdłuż drutów.

Jako przykład obliczymy p dla gałęzi t_1 na rys. 85.

$$P = 60 \times 4 = 240 \text{ watów,}$$

$$l = \frac{60 \times 6 + 60 \times 12 + 60 \times 18 + 60 \times 28}{240} = \frac{60 \times 64}{240} = 16 \text{ m}$$

Założmy przekrój $s = 1,5 \text{ mm}^2$, wtedy:

$$p = 3,64 \times \frac{16 \times 240}{220^2 \times 1,5} = 0,193\%$$

Prąd pobierany przez całe odgałęzienie wynosi:

$$J = \frac{240}{220} = 1,1 \text{ A.}$$

jest on mały w porównaniu do prądu dopuszczalnego — 14 A dla przekroju $1,5 \text{ mm}^2$.

W ten sposób rozważamy wszystkie rozgałęzienia od tabliczek t_1, t_2, t_3 i założmy, że spadek napięcia $0,193\%$ w zaokrągleniu $0,2\%$ jest największy ze wszystkich.

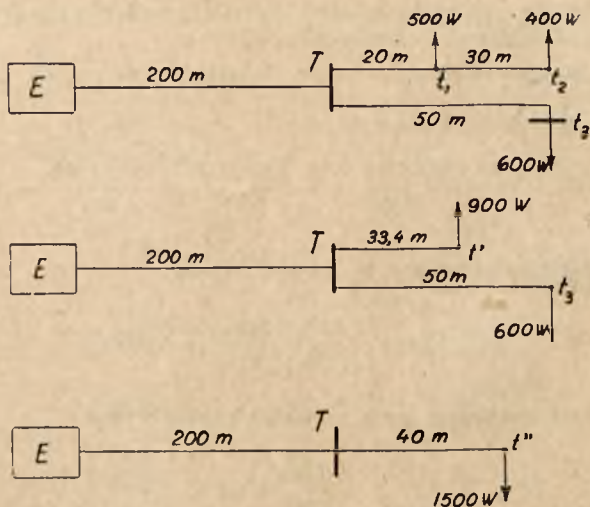
Przyjmując cały dopuszczalny spadek napięcia od elektrowni do ostatniej lampki 3% , znajdziemy ogólny spadek napięcia w przewodzie ET i rozgałęzieniach od T do t_1, t_2, t_3 :

$$3 - 0,2 = 2,8\%$$

Założmy, że wszystkie drobne odgałęzienia od tabliczki t_1 , biorą 500 watów, od t_2 — 400 watów, a od t_3 — 600 watów, p. rys. 86.

Odgałęzienia od t_1 i t_2 zastępujemy odgałęzieniem na 900 watów od t' , p. rys. 86, w odległości zastępczej:

$$l' = \frac{500 \times 20 + 400 \times 50}{900} = 33,4 \text{ m}$$



Rys. 86.

Dwa odgałęzienia zastępujemy odgałęzieniem jednym na 1500 watów od t'' , p. rys. 86, w odległości zastępczej:

$$l'' = \frac{900 \times 33,4 + 600 \times 50}{1500} = 40 \text{ m}$$

Obliczamy przekrój przewodu od E do T ze wzoru na spadek napięcia 2,8%.

$$s = 3,64 \times \frac{1500 \times 240}{220^2 \times 2,8} = 9,7 \text{ mm}^2$$

Przyjmujemy 10 mm². Taki przekrój dajemy od E do T , tu prąd wynosi:

$$J = \frac{1500}{220} = 6,8 \text{ A,}$$

prąd ten jest znacznie mniejszy od dopuszczalnego na ogrze-

wanie — 60 A dla przewodu napowietrznego, a nawet od 43 A dla izolowanego.

Następnie obliczamy spadek napięcia; na każdym z odgałęzień $T t_1 t_2$ oraz $T t_3$, będzie on taki, jaki wypadnie na $T t''$ stosownie do długości $T t'' = 40$ m

$$2,8 \frac{40}{240} = 0,467\%$$

Według tego spadku obliczymy przekrój przewodu od T do t' :

$$s' = 3,64 \times \frac{900 \times 33,4}{220^2 \times 0,467} = 4,85 \text{ mm}^2$$

Jeżeli nie przewiduje się powiększenia urządzenia, to można zaokrąglić przekrój do 4 mm^2 , w przeciwnym razie zaokrąglamy do 6 mm^2 i taki przekrój dajemy od T do t_1 , i od t_1 do t_2 , p. rys. 86. Następnie obliczamy przekrój przewodu od T do t_3 :

$$s'' = 3,64 \frac{50 \times 606}{220^2 \times 0,467} = 4,85 \text{ mm}^2$$

Dajemy więc również 4 lub 6 mm^2 . Obciążenie prądem i wytrzymałość mechaniczna nie nastroczą tu wątpliwości.

§ 103. OBLICZENIE SIECI SILNIKOWEJ NA PRĄD STAŁY.

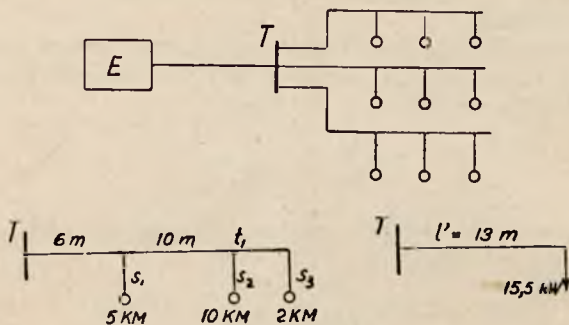
Z elektrowni prowadzimy przewody do warsztatów, p. rys. 87.

Z elektrowni przewody poprowadzone są do tablicy T , stamtąd rozgałęzienia do poszczególnych grup silników.

Przede wszystkim obliczamy moc prądu pobraną przez poszczególne silniki według znanej sprawności.

Z tej mocy obliczamy prąd pobierany i następnie wybieramy przekroje w odgałęzieniach do silników z tabelki na str. 182 na grzanie przewodów, biorąc prąd $1,5$ lub 2 razy większy od znamionowego stosownie do tego, czy rozruch jest lekki, czy ciężki.

Dla przykładu weźmy odgałęzienie na rys. 87.



Rys. 87.

Napięcie prądu mamy 220 V, sprawność silników według mocy:

$$5 \text{ KM} — 0,8$$

$$10 \text{ KM} — 0,82$$

$$2 \text{ KM} — 0,77$$

Wobec tego prądy pobrane będą:

$$J_1 = \frac{5 \times 735}{220 \times 0,8} = 21 \text{ A}$$

$$J_2 = \frac{10 \times 735}{220 \times 0,82} = 41 \text{ A}$$

$$J_3 = \frac{2 \times 735}{220 \times 0,77} \times 8,7 \text{ A}$$

Wtedy według podwójnego prądu rozruchu:

$$s_1 = 10 \text{ mm}^2$$

$$s_2 = 25 \text{ mm}^2$$

$$s_3 = 2,5 \text{ mm}^2$$

Dla obliczenia przekrojów przewodów od E do T i dalej od T do t_1 i t. d. we wszystkich rozgałęzieniach postępujemy tak samo, jak w sieci oświetleniowej, zakładając tylko większe spadki napięcia. Tu można spadków napięć w drobnych odgałęzieniach nie uwzględniać, więc obliczamy zastępcze odgałęzienia zamiast powyższego.

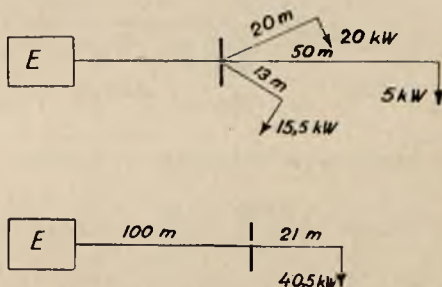
Ogólna moc:

$$(21 + 41 + 8,7) \times 220 = 15,5 \text{ kW},$$

odległość zastępcza:

$$l' = \frac{6 \times 21 + 16 \times 49,7}{70,7} = 13 \text{ m}$$

Założmy, że są jeszcze dwa odgałęzienia $l'' = 20 \text{ m}$ o poborze 20 kW oraz $l''' = 50 \text{ m}$ o poborze 5 kW, p. rys. 88;



Rys. 88.

wtedy dla wszystkich rozgałęzień zastępczy tor będzie jeden długości:

$$l_1 = \frac{50 \times 5 + 20 \times 20 \times 13 \times 15,5}{40,5} = 21 \text{ m}$$

Przekrój przewodu od E do T obliczymy, przyjmując 5% spadku napięcia ze wzoru:

$$s = 3,64 \times \frac{40500 \times 121}{220^2 \times 5} = 74 \text{ mm}^2$$

Zaokrąglamy go do 95 mm². Prąd wypływający z elektrowni przez przewód $E T$ będzie:

$$\frac{40500}{220} = 184 \text{ A.}$$

Ponieważ 95 mm² może być obciążone do 240 A, patrz str. 182, więc na grzanie przekrój ten będzie dostateczny. Spadek napięcia pozostający dla rozgałęzień wyniesie:

$$5 \times \frac{21}{121} = 0,87\%$$

Wobec tego przekroje w odgałęzieniach wypadną:

$$s' = 3,64 \times \frac{5000 \times 50}{220^2 \times 0,87} = 22 \text{ mm}^2,$$

zaokrąglamy go do 25 mm².

$$\text{Prąd } J' = \frac{5000}{220} = 22,7 \text{ A,}$$

prąd ten jest dopuszczalny ze względu na grzanie.

$$s'' = 3,64 \times \frac{20000 \times 20}{220^2 \times 0,87} = 34,6 \text{ mm}^2$$

zaokrąglamy do 35 mm².

$$J'' = \frac{20000}{220} = 91 \text{ A}$$

jest dopuszczalny.

$$s''' = 3,64 \times \frac{15500 \times 13}{220^2 \times 0,87} = 17,5 \text{ mm}^2.$$

zaokrąglamy do 25 mm²; prąd:

$$J''' = \frac{15500}{220} = 70 \text{ A}$$

jest dopuszczalny.

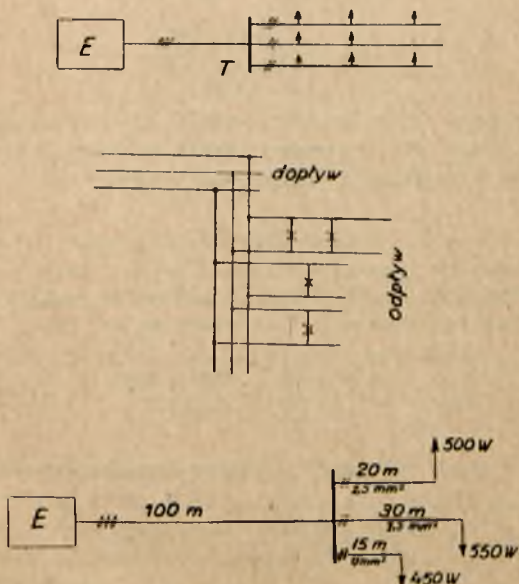
§ 104. OBLICZENIE PRZEKROJU PRZEWODÓW W SIECI OŚWIETLENIA ELEKTRYCZNEGO ZASILANEJ PRĄDEM TRÓJFAZOWYM

Elektrownia własna lub podstacja transformatorowa zasilają oświetlenie według schematu na rys. 89.

Od E do T tor trójfazowy, od T rozgałęzienia jednofazowe możliwe równo obciążone.

Przy sieci wieloprzewodowej zazwyczaj wykonywamy jako dwuprzewodowe tylko urządzenia odbiorcze do 2,2 kW przy napięciu 220 V i do 1,2 kW mocy przy napięciu 127, 120 lub 110 V.

Układ połączeń tabliczki rozgałęzieniowej pokazany jest osobno na rys. 89.



Rys. 89.

W tym przypadku przekrój rozgałęzień od tabliczki do lamp wybieramy bez obliczenia 1 mm², 1,5 mm², lub 2,5 mm² stosownie do długości i obciążenia.

Założmy, że obliczone jak w poprzednim przykładzie zastępcze odległości, całkowite obciążenia i przekroje przewodów w torach jednofazowych będą jak podano na rys. 89.

Obliczamy teraz spadki napięcia w poszczególnych odgałęzieniach, przyjmując, że napięcie na odbiornikach wynosi 120 V.

$$p' = 3,64 \times \frac{20 \times 500}{120^2 \times 2,5} = 1,01\%$$

$$p'' = 3,64 \times \frac{30 \times 500}{120^2 \times 2,5} = 1,60\%$$

$$p''' = 3,64 \times \frac{15 \times 450}{120^2 \times 1,5} = 1,14\%$$

Przyjmując cały spadek napięcia od transformatora do ostatniej lampy 3%, otrzymamy spadek na przewód zasilający, odejmując największy z powyższych spadków od 3:

$$3 - 1,6 = 1,4\%$$

Według tego spadku napięcia obliczamy przekrój trójfazowego toru zasilającego $E T$ ze wzoru na str. 190:

$$s = 1,82 \times \frac{100 \times (500 + 550 + 450)}{120^2 \times 1,4} = 13,6 \text{ mm}^2$$

Zaokrąglamy na 10 mm² i obliczamy prąd w przewodach ET :

$$J = \frac{1500}{1,73 \times 120} = 7,25 \text{ A}$$

prąd ten jest znacznie mniejszy od dozwolonego dla przekroju 10 mm², patrz str. 182.

§ 105. OBLICZENIE PRZEKROJU PRZEWODÓW W SIECI SIŁOWEJ PRĄDU TRÓJFAZOWEGO.

Elektrownia własna lub podstacja transformatorów zasila prądem warsztat, gdzie są ustawione trójfazowe silniki asynchroniczne podzielone na kilka grup, rys. 90.

Obliczamy prądy znamionowe pobierane przez silniki, uwzględniając sprawność i $\cos \varphi$ każdego silnika (patrz str. 64) oraz napięcie, które przyjmujemy 380 V:

$$J' = \frac{8 \times 735}{1,73 \times 380 \times 0,82 \times 0,8} \cong 14 \text{ A}$$

$$J'' = \frac{10 \times 735}{1,73 \times 380 \times 0,82 \times 0,82} \cong 17 \text{ A}$$

$$J''' = \frac{2 \times 735}{1,73 \times 380 \times 0,8 \times 0,78} \cong 4 \text{ A}$$

$$J'''' = \frac{20 \times 735}{1,73 \times 380 \times 0,82 \times 0,84} \cong 31 \text{ A}$$

Przekrój przewodów w odgałęzieniach do poszczególnych silników bierzemy według prądu rozruchowego, wspólne zaś odcinki według sumy prądów znamionowych według tab. II na str. 182.

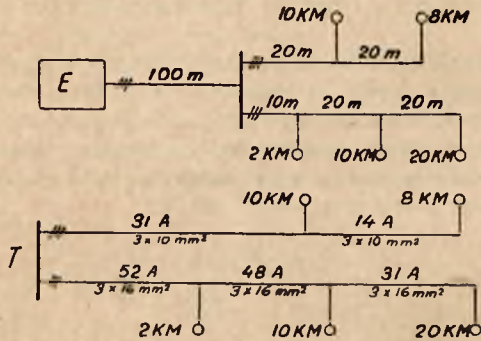
Prądy np. przed rozgałęzieniem górnym znajdujemy wprost, dodając:

$$14 + 17 = 31 \text{ A,}$$

taki prąd płynie na odcinku wspólnym.

Nie jest to ściśle, gdyż silnik 8 KM i 10 KM mają nieco różne $\cos \varphi$, lecz popełniany przy tym błąd jest nieznaczny i niema wyraźnego wpływu na wielkość wybieranych z zaokrągleniem przekrojów.

Przyjmując prądy rozruchowe podwójne względem znamionowych, otrzymamy przekroje wskazane na rys. 90.



Rys. 90.

Następnie obliczamy stratę mocy, pomijając drobne rozgałęzienia, według prądów i oporów przewodów w poszczególnych odcinkach, przyjmując przewodność miedzi 55, według wzoru:

$$3 \cdot J^2 \frac{l}{k s}$$

$$\frac{3 \times 14^2 \times 20}{55 \times 10} \approx 22 \text{ watów}$$

$$\frac{3 \times 31^2 \times 20}{55 \times 10} = 105 \text{ „}$$

$$\frac{3 \times 31^2 \times 20}{55 \times 16} = 66 \text{ „}$$

$$\frac{3 \times 48^2 \times 20}{55 \times 16} = 158 \text{ „}$$

$$\frac{3 \times 52^2 \times 10}{55 \times 16} = 92 \text{ „}$$

Razem — 443 waty.

Całą pobraną przez silniki moc obliczamy ze wzoru:

$$\frac{8 \times 735}{0,82} + \frac{2 \times 10 \times 735}{0,82} + \frac{2 \times 735}{0,8} + \frac{20 \times 735}{0,75} =$$

$$= 44210 \text{ watów.}$$

Strata mocy 443 waty stanowi od całej mocy pobranej przez silniki:

$$\frac{443 \times 100}{44210} \cong 1\%$$

Przyjmijmy ogólne straty 5%; wobec tego na tor *ET* zostanie:

$$5 - 1 = 4\%$$

Dla obliczenia przekroju przewodów toru *ET*, przede wszystkim znajdziemy w *sposób przybliżony* ogólny prąd płynący w przewodach toru według obliczeń poprzednio dokonanych dla poszczególnych silników. Ogólny prąd będzie:

$$14 + 17 + 4 + 17 + 31 = 83 \text{ A}$$

Następnie obliczamy współczynnik mocy $\cos \varphi$ dla prądu płynącego w torze *ET*:

$$\cos \varphi = \frac{\text{moc pobrana przez wszystkie silniki}}{1,73 \times \text{napięcie} \times \text{całkowity prąd}}$$

$$\cos \varphi = \frac{44210}{1,73 \times 380 \times 83} = 0,81.$$

Przekrój w torze *ET* znajdziemy ze wzoru na str. 191.

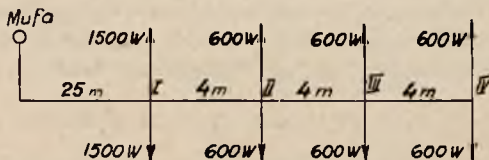
$$s = 1,82 \frac{44210 \times 100}{0,81^2 \times 380^2 \times 4} = 21,2 \text{ mm}^2$$

Ten przekrój zaokrąglamy do 25 mm², obciążenie prądem mamy 83 A, dozwolony prąd jest 100 A, więc na tym przekroju możemy się zatrzymać.

§ 106. PRZYKŁADY OBLICZENIA PRZEKROJU PRZEWODÓW W PRZYŁĄCZACH DO SIECI ROZDZIELCZEJ ZAKŁADU ELEKTRYCZNEGO.

1. Rozważmy np. przyłączy sieci oświetleniowej domu mającego sześć mieszkań na 1, 2 i 3 piętrze oraz dwóch sklepów na parterze. Prąd trójfazowy, napięcie 120 V. Mając liczbę pokoi w mieszkaniach obliczamy obciążenie, licząc po 60 watów na każdą izbę, nie wyłączając przedpokoi i ubikacji pobocznych, pozatym doliczamy pełną nominalną moc odbiorników ponad 150 watów. W sklepach obliczamy obciążenie, według zapotrzebowania oświetlenia.

Założymy, że w mieszkaniach wypadnie liczyć obciążenie po 600 watów, w sklepach zaś po 1500 watów.



Rys. 91.

W takim razie, uwzględniając, że jako dwuprzewodowe są wykonywane odgańczenia przy 120 V najwyżej na 1,2 kW, a przy 220 V najwyżej na 2,2 kW, kolejno przyłączamy po dwa mieszkania na jedną fazę, np. jak na rys. 91, każdy sklep zaś na wszystkie trzy fazy, rozdzielając lampy na poszczególne fazy wewnątrz sklepu.

Przekroje rozgałęzionych przewodów w mieszkaniach i w sklepie dobieramy według obciążenia i długości: 1 mm², 1,5 mm² i 2,5 mm², wyjątkowo 4 mm².

Przekrój przewodów od mufy *M* obliczymy na 1,5% spadku napięcia, biorąc zastępczą odległość obciążenia, którą oblicza-

my ze wzoru:

$$\frac{3000 \times 25 + 1200 \times 29 + 1200 \times 33 + 1200 \times 37}{3000 + 1200 + 1200 + 1200} = 29 \text{ m}$$

Wobec tego przekrój będzie:

$$s = 1,82 \times \frac{6600 \times 29}{120^2 \times 1,5} \cong 10,1 \text{ mm}^2$$

Zaokrąglamy do 16 mm² i obliczamy natężenie prądu w jednym przewodzie:

$$J = \frac{6600}{1,73 \times 120} = 31,8 \text{ A}$$

Dozwolone obciążenie przekroju 16 mm² wynosi 75 A, więc przekrój powyższy jest zupełnie odpowiedni. Przewody o tym przekroju prowadzimy od mufy do najwyższego piętra. Zaznaczyć jeszcze należy, że według przepisów najmniejszy dozwolony przekrój pionu jest 4 mm², więc i temu warunkowi nasz przekrój czyni zadość.

2. Do mufy sieci rozdzielczej zakładu elektrycznego ma być przyłączony silnik 20 KM, prąd trójfazowy, napięcie 220 V. Długość toru przewodów od mufy do licznika 50 m, a od licznika do silnika 5 m, do licznika kabel obołowiony, od licznika przewód izolowany na ścianie.

Obliczamy moc prądu pobraną przez silnik:

$$\frac{20 \times 735}{0,85} = 17,3 \text{ kW}$$

Spółczynnik mocy przyjmujemy 0,84, a stratę energii do licznika 2%, wtedy przekrój wypadnie:

$$s = 1,82 \times \frac{17300 \times 50}{0,84^2 \times 220^2 \times 2} = 23 \text{ mm}^2,$$

ten przekrój zaokrąglamy do 25 mm² i obliczamy prąd:

$$J = \frac{17300}{1,73 \times 220 \times 0,84} = 54,2 \text{ A}$$

Prąd przy rozruchu będzie np.:

$$54,2 \times 1,5 = 81,2 \text{ A}$$

Wobec tego, że prąd dozwolony dla kabla przy przekroju 25 mm² (p. str. 183) zawieszono w piwnicy wynosi:

$$113 \times 0,75 = 85 \text{ A}$$

możemy więc ten przekrój zachować.

Dalej od licznika do silnika na długości 5 m moglibyśmy stracić jeszcze 2%, więc przekrój przewodów w tej części wypadnie:

$$s' = 1,82 \frac{17300 \times 5}{0,84^2 \times 220^2 \times 2} = 2,4 \text{ mm}^2$$

który daje się zaokrąglić na 2,5 mm², ale dozwolony prąd jest zaledwie 20 A, wobec tego wypada w dalszym ciągu zastosować przekrój 25 mm², dla którego jest dozwolone obciążenie 100 A.

Przewód od silnika do *rozzrusznika* należy dać o przekroju odpowiadającym prądowi w obwodzie wirnika. Jeżeli napięcie w wirniku na pierścieniach będzie 100 V, to prąd wypadnie (patrz str. 66):

$$\frac{20 \times 425}{100} = 85 \text{ A}$$

Na grzanie przy 85 A wystarczy 25 mm².

3. Przekroje przewodów stosowanych w odgałęzieniach *na siłę* od napowietrznych sieci trójfazowych czteroprzewodowych przy napięciu międzyprzewodowym 380 V bywają następujące.

Moc silników KM	Normalny prąd bezpiecznika A		Przekrój przewodów od sieci do przyłącza mm ²		Najmniejszy przekrój od przyłącza do licznika mm ²
	na przyłączy	przy liczniku	fazowe 3 przew. po	przewód zerowy	
0,5	15	6	10	10	4
1,0	15	6	10	10	4
2,0	15	10	10	10	4
3,0	15	10	10	10	4
4,0	15	10	10	10	4
5,0	20	15	10	10	6
6,0	25	20	10	10	6
7,0	25	20	16	16	6
8,0	25	20	16	16	6
9,0	25	20	16	16	6
10,0	35	25	16	16	10
12,0	35	25	16	16	10
13,0	50	35	25	16	16
15,0	60	35	25	16	16

§ 107. PRZEKRÓJ PRZEWODÓW DO LAMP ŁUKOWYCH.

Rozważymy przykład zasilania lampy łukowej, która pobiera prąd o natężeniu 12 A, a na łuku ma napięcie normalne 80 V. Prąd pobieramy od tablicy, na której mamy napięcie 120 V, długość podwójnego przewodu od tablicy do lampy 50 m, przewód napowietrzny. Na nagrzanie wystarczy przy 12 A 1,5 mm², lecz na wytrzymałość przewód napowietrzny musi mieć przekrój 6 mm², wobec tego rozstrzyga ten ostatni wzgląd i zatrzymujemy się na tym przekroju. Sprawdzamy jednak jeszcze spadek napięcia, który tu wypadnie:

$$\frac{2 \times 50 \times 12}{55 \times 6} = 3,64 \text{ V}$$

Wobec tego:

$$120 - 3,64 - 80 = 36,36 \text{ V}$$

wypada pochłonać w oporniku. Ponieważ natężenie prądu wynosi 12A, więc opór opornika będzie:

$$\frac{36,36}{12} = 30,3 \Omega$$

§ 108. USTRÓJ PRZEWODÓW I ICH ZASTOSOWANIE.

Przewodniki, zwykle miedziane, bywają jednolite czyli *druty*, bądź skręcone z drucików *linki*. Linki bywają *szttywne* z małej liczby grubych drutów i *giętkie* z dużej liczby drucików cienkich.

Druty gołe miedziane.

Przekrój mm ²	Średnica mm	Przybliżony ciężar 100 m kg	Opór 100 m Ω
6	2,75	5,34	0,297
10	3,55	8,9	0,178
16	4,5	14,2	0,111
25	5,6	22,3	0,0714

1. *Przewody gołe* nie mają żadnej izolacji, jako druty bywają stościane od 6 do 25 mm², jako linki sztywne od 10 mm² do 300 mm² głównie jako przewody napowietrzne.

2. *Przewody odziane* (nie są uważane jako izolowane) mają żyły chronione od wpływów chemicznych za pomocą masy odpornej na wpływy chemiczne, owinięte podwójną taśmą papierową, potem owinięte warstwą bawełny i oplecione bawełną. Papier i bawełna są nasycone masą ze schnących olejów roślinnych i tlenków metali (np. oleju lnianego i minji ołowianej).

Linki gołe miedziane.

Przekrój mm ²	Liczba drutów	Średnica drutów mm	Średnica linki mm	Ciężar 100 m kg	Opór 100 m Ω
10	7	1,35	4,1	9,0	0,18
16	7	1,7	5,1	14,4	0,11
25	7	2,1	6,3	22,5	0,07
35	7	2,5	7,5	31,8	0,05
50	{ 7 19	{ 3 1,8	9,0	45,3	0,035
70	19	2,1	10,5	63,3	0,025
95	19	2,5	12,5	86	0,018
120	19	2,8	14	108,5	0,015
150	37	2,25	15,8	135,6	0,012
185	37	2,5	17,5	168	0,0095
240	{ 37 61	{ 2,8 2,25	{ 19,6 20,3	218	0,0073
300	61	2,5	22,5	273	0,0059

Przewody brązowe, glinowe i żelazne, opór i ciężar na 100 m (brąz o przewodności 51 i dopuszczalnym naprężeniu 12 kg/mm²).

Przekrój mm ²	Brąz		Glin		Żelazo	
	opór Ω	cięż. kg.	opór Ω	cięż. kg.	opór Ω	cięż. kg.
6	0,32	5,3	0,479	1,9	2,18	4,6
10	0,20	8,8	0,287	2,65	1,308	7,7
16	0,12	14,1	0,179	4,3	0,818	12,3
25	0,078	22,0	0,115	6,6	0,523	19,3
35	0,056	30,8	0,082	9,3	0,374	27,0
50	0,039	44,8	0,057	13,5	0,261	39,2
70	0,028	62,8	0,041	18,9	0,187	54,5
95	0,021	85,0	0,032	25,6	0,137	74,5

3. *Przewody do zakładania na stałe w izolacji gumowej.* Żyły bywają sztywne bądź giętkie. Żyły różnych biegunów różnią się po *barwie* oplotu, przewód zerowy zawsze biały.

Używa się kilka gatunków, z których najważniejsze są następujące:

- a. Przewód ogumowany na napięcie do 750 V.
- b. Przewód ogumowany jednożyłowy odporny na wpływy atmosferyczne i chemiczne na napięcie do 750 V.
- c. Przewód ogumowany, odporny na wilgoć i gorąco na napięcie do 750 V.
- d. Przewód ogumowany na wysokie napięcie 2, 3, 6, 10, 15, 20 i 30 kV, powłoka gumowa wielowarstwowa.
- e. Przewód płaszczowy tylko do niskiego napięcia jedno- i wielożyłowy w izolacji gumowej i w płaszczu metalowym (nie ołowianym).
- f. Przewód w gołej powłoce ołowianej do niskiego napięcia i zakładania na tynku bywa płaski i okrągły, ma zwykle dwie, trzy, bądź cztery żyły.

4. *Przewody do odbiorników przenośnych i ruchomych w izolacji gumowej.* Przepisy obejmują 10 typów głównych, najważniejsze są trzy:

a. Przewód *świecznikowy* do niskiego napięcia, zakłada się wewnątrz lub nazewnątrz świeczników. Żyła ocynowana 0,75 mm², 1 mm² bądź 1,5 mm² (dawniej 0,5 mm²).

b. Sznur do zwieszaków z żyłą o przekrojach 0,75; 1, bądź 1,5 mm² ze szpagatem zwieszakowym lub linką nośną metalową.

c. Sznur pokojowy do lamp przenośnych; przekroje żył 0,75; 1; 1,5; 2,5; 4; 6 mm².

d. Sznur warsztatowy normalny na średnie obciążenie mechaniczne, do odbiorników przenośnych w urządzeniach niskiego napięcia w warsztatach. Przekrój od 1 do 35 mm² z oplotem mocnym szpagatem nasyconym.

e. Przewód *giętki* przemysłowy normalny na napięcie nominalne 750 V do urządzeń w przemyśle i rolnictwie. Przekrój od 1 do 16 mm². Na wspólną powłokę gumową nawija się bawełnianą taśmę nagumowaną, otacza się ją gęstym nasyconym

oplótem z bawełny i jeszcze oplata się mocnym nasyconym szpagatem konopnym.

f. Sznur bębnowy giętki dla specjalnie ciężkich warunków ruchu, do 6 kW. Przekrój 2,5 do 150 mm². Opona dostatecznie giętka, jeżeli ma swobodnie wisieć, to musi mieć linkę nośną.

5. *Kable obołowione.* Żyły miedziane w kablach z izolacją papierową nieocynowane, a z izolacją gumową — ocynowane. W kablach 4-rożyłowych przewód zerowy z izolacją koloru naturalnego, inne żyły z — kolorową.

a. *Kabel obołowiony goły.* Powłoka ołowiana niczem nie przykryta. Używany jest wewnątrz budynków lub w kanałach, gdzie nie jest *narażony* na uszkodzenia mechaniczne i działanie chemiczne.

b. *Kabel obołowiony asfaltowany* ma na powłóce ołowianej taśmę papierową, a na niej obwój z materiału włóknistego, nasyconego asfaltem.

Używa się wtedy, gdy niema obawy uszkodzeń mechanicznych.

c. *Kabel obołowiony asfaltowany i opancerzony taśmą żelazną.* Na powierzchni taśmy żelaznej obwój materiałem włóknistym nasyconym asfaltem.

Ten kabel zabezpieczony jest pod względem mechanicznym i chemicznym, nadaje się do zakładania w ziemi i w budynkach.

W elektrowniach, gdzie dużo takich kabli leży obok siebie, powłoki z materiału włóknistego nie daje się, a wprost taśmę żelazną asfaltuje się, gdyż często taka powłoka powoduje przenoszenie się ognia wzdłuż kabli.

Powłoka ta jest niezbędna tylko tam, gdzie kabel jest *narażony* na szkodliwe działania chemiczne.

d. *Kabel obołowiony asfaltowany i opancerzony drutem płaskim lub okrągłym stalowym* jest wytrzymały na *rozerwanie*, nadaje się do zawieszenia w położeniu pionowym w szybach kopalnianych oraz do układania w rzekach.

§ 109. TABLICE PRZEWODÓW IZOLOWANYCH
I KABLI.

Przewody jednożyłowe w powłoce z gumy wulkanizowanej do zakładania na gałkach lub w rurkach do 750 V.

Przekrój mm ²	Zewnętrzna średn. mm	Ciężar 1000 m w kg
1	4,2	24
1,5	4,4	30
2,5	5,2	46
4	6,1	63
6	6,6	85
10	8,2	137
16	9,1	199
25	11,4	315
35	12,7	424
50	14,8	590
70	16,4	790
95	18,6	1062

S z n u r y.

Przekrój mm ²	C i ę ż a r 1000 m w kg			
	Sznur warszt. lekki		Sznur warszt. normalny	
	2-żyłowy	3-żyłowy	2-żyłowy	3-żyłowy
0,75	100	130	—	—
1	110	140	140	160
1,5	130	170	160	190
2,5	180	220	220	270
4	230	300	250	320
6	310	400	320	400
10	—	—	540	680
16	—	—	710	920

Kable jednożyłowe obołowione na niskie napięcie *KPbA*—
asfaltowane i *KPbFt* — opancerzone taśmą żelazną.

Zewnętrzna średnica i ciężar 1000 metrów.

Przekrój mm ²	Średnica mm		Ciężar kg	
	<i>KPbA</i>	<i>KPbFt</i>	<i>KPbA</i>	<i>KPbFt</i>
1	10,0	—	305	—
1,5	10,3	—	325	—
2,5	10,5	—	355	—
4	11,5	—	425	—
6	12,0	—	475	—
10	12,5	20,0	550	1050
16	14,0	21,5	690	1250
25	16,0	23,0	890	1560
35	17,5	24,5	1100	1830
50	18,5	26,0	1330	2100
70	21,0	28,0	1690	2540
95	22,5	30,0	2040	2950
120	25,5	33,0	2490	3740
150	28,0	36,0	3040	4400
185	29,5	37,5	3580	5020
240	33,0	41,0	4450	6030
300	36,5	44,5	5380	7100
400	40,0	48,0	6750	8650
500	44,0	52,0	8170	10250
625	48,0	56,0	9980	12230
800	52,5	60,5	12310	14780

Kable wielożyłowe obołowione na niskie napięcie *KPb Ft* — opancerzone taśmą żelazną i *KPb Fo* — opancerzone drutem okrągłym. Zewnętrzna średnica i ciężar 1000 metrów.

Prze- krój mm ²	Średnica mm				Ciężar kg			
	2-żył.		3-żył.		2-żył.		3-żył.	
	<i>KPb Ft</i>	<i>KPb Fo</i>	<i>KPb Ft</i>	<i>KPb Fo</i>	<i>KPb Ft</i>	<i>KPb Fo</i>	<i>KPb Ft</i>	<i>KPb Fo</i>
1	20	20,5	20,5	21,0	1120	1170	1170	1230
1,5	20,5	21,0	21,0	21,5	1180	1240	1250	1300
2,5	21,5	22,0	23,0	23,5	1280	1330	1450	1500
4	22,5	23,0	24,0	24,5	1490	1550	1600	1670
6	24,5	25,0	25,5	26,0	1630	1700	1820	7018
10	26,0	26,5	27,0	27,5	1940	2000	2130	2205
16	28,0	29,5	29,0	29,5	2260	2320	2525	2950
25	34,0	34,0	35,0	35,0	3350	3180	3740	3770
35	36,5	36,5	38,0	38,0	3950	3770	4470	4410
50	40,0	41,0	42,0	43,0	4770	5020	5480	5700
70	44,5	45,5	46,5	47,5	5860	6160	6900	7210
95	48,5	50,5	51,0	53,0	7140	7900	8350	9190
120	52,0	54,0	54,0	56,5	8130	8990	9750	10630
150	55,0	57,0	58,0	61,0	9400	10280	11340	12800
185	60,0	63,0	63,0	66,0	11130	12600	13700	15260
240	65,0	69,0	69,0	73,0	13470	15670	16450	18720
300	71,0	75,0	75,0	80,0	15770	18350	19840	23110
400	78,5	83,5	83,0	89,0	19750	23150	24700	29100

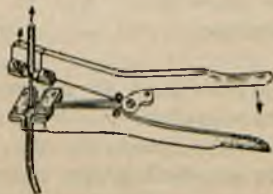
Kable obołowione na wysokie napięcie *KPb Ft* — opancerzone taśmą i *KPb Fo* — opancerzone drutem okrągłym trój-żyłowe. Zewnętrzna średnica i ciężar 1000 m.

Prze- krój mm ²	Średnica mm				Ciężar kg			
	6000 V		15000 V		6000 V		15000 V	
	<i>KPb</i> <i>Ft</i>	<i>KPb</i> <i>Fo</i>	<i>KPb</i> <i>Ft</i>	<i>KPb</i> <i>Fo</i>	<i>KPb</i> <i>Ft</i>	<i>KPb</i> <i>Fo</i>	<i>KPb</i> <i>Ft</i>	<i>KPb</i> <i>Fo</i>
3× 10	37,5	37,5	—	—	3480	3780	—	—
3× 16	40,0	41,0	—	—	4420	4680	—	—
3× 25	45,0	46,0	60,0	63,0	5550	5880	9250	10600
3× 35	46,5	75,5	61,0	64,0	6130	6440	9580	11070
3× 50	50,0	52,0	65,0	69,0	7250	8050	11090	13210
3× 70	54,0	56,0	68,5	72,5	8560	9450	12630	14910
3× 95	58,0	61,0	72,5	77,5	10120	11570	14140	17260
3× 120	61,0	64,0	74,5	79,5	11500	13000	15690	18860
3× 150	65,0	69,0	78,5	83,0	13300	15550	17330	20630
3× 185	69,0	73,0	82,5	88,5	15300	17550	19700	23950
3× 240	75,0	80,0	—	—	18400	21600	—	—

§ 110. ZŁĄCZA I ODGAŁĘZIENIA.

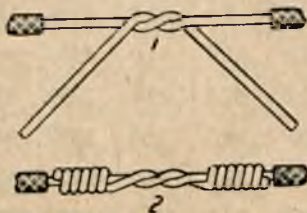
1. Złącza i odgałęzienia *drutów* można wykonywać przez skręcenie i lutowanie.

Przed przystąpieniem do skręcania przede wszystkim obnażamy przewód z izolacji, ostrożnie strugając nożem, aż do połysku metalicznego albo stosując specjalne cęgi, (p. rys. 92).



Rys. 92. Cęgi do zdejmowania izolacji.

Następnie gołe przewody skręcamy. Gdy chodzi o połączenie dwóch przewodów o przekroju do 6 mm^2 , to stosujemy skręt wskazany na rys. 93, końce przewodów grubszych od 6 mm^2 w postaci drutów pełnych przykładamy jeden do drugiego i owijamy mocno i szczelnie drutem wiązałkowym (śred. 1 mm) i końce odginamy jak pokazano na rys. 94 lub zaciskamy w zaciskach, p. rys. 95. Odgałęzienia drutów do 6 mm^2 wykonywamy, okręcając nim przewód główny, p. rys. 96.



Rys. 93. Sposób połączenia przewodów do 6 mm^2 .



Rys. 94. Połączenie przewodów zapomocą drutu wiązałkowego.



Rys. 95. Połączenie przewodów zapomocą zacisków.



Rys. 96. Sposób wykonania odgałęzienia.

Druty grubsze przykładamy do przewodu głównego i razem owijamy drutem wiązałkowym. Przy wszystkich skrętach druty należy kręcać *mocno*, ściskając silnie cążkami.

Pozatem łączenie wszelkich drutów bywa nieraz dokonywane zapomocą złączek zaopatrzonych w śrubki, pod które zaciskamy końce drutów.

2. *Linki łączymy i odgałęziamy* bądź zapomocą *złączek rurkowych*, p. rys. 97, nasadzonych na końce linek i przez ściskanie odpowiednimi *cażkami*, karbowanych, bądź też zapomocą *rurek zaciskowych*, p. rys. 98 i 99, ze śrubami zaciskowymi, *złącza* w takich rurkach zazwyczaj są po zaciśnięciu *lutowane*.

Wreszcie jest cały szereg najrozmaitszych *zacisków*, np. p. rys. 100, 101, 102, które nieraz również znajdują zastosowanie.



Rys. 97. Złączeni rurkowe.



Rys. 98.



Rys. 99.



Rys. 100.

Rurki zaciskowe.



Rys. 101.



Rys. 102

Inne rodzaje *zacisków*. (Napis ten odnosi się do rys. 100, 101 i 102.)

Przy łączeniu linek wewnątrz *świeczników*, wyjątkowo jest *dozwolone* przy niskim napięciu *skręcanie* i *lutowanie skrętów*.

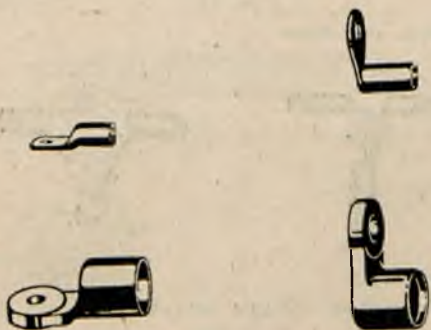
3. *Do lutowania złącza* muszą być tak przygotowane, aby *cyna* mogła objąć *szczelnie* całą *powierzchnię* tak *jednolitych drutów*, jak *każdego drucika* w *lince*, to też *szczególnie* *końce linek* należy *starannie* *oczyścić benzyną*, *każdy drucik* *osobno*, *przed włożeniem* do *złączeni*. Przy *lutowaniu* nie wolno *posiłkować* się *kwadem*. Jeżeli *używamy kalafonię*, to *rozgrzewamy*

złącze lutówką (kolbą) lub płomieniem lampki benzynowej, posypujemy drobno tłuczoną kalafonią i przykładamy pałeczkę cyny.

Lutówka musi być oczyszczona salmjakim, nie przegrzana i pokryta cyną, która powinna do niej dobrze przylegać. Można również stosować pasty lutownicze np. fludor lub tinol i t. p. Cienkie druciki można lutować, rozgrzewając je małym łukiem otrzymanym z transformatora, na wtórne napięcie kilkadziesiąt woltów, którego jeden biegun wtórnego uzwojenia przyłącza się do przewodu lutowanego, a drugi do pałeczki węglowej.

Gdy mamy dużo złączy do lutowania, to w miarę możliwości zaleca się zanurzanie złącza posypanego kalafonią w roztopionej cynie.

Lutowie zawsze powinno dobrze przystawać do powierzchni drutów i przenikać w linkach do wszystkich warstw, powlekając druciki cienką warstwą cyny. Cynę zbyteczną ścieramy na gorąco gałgankiem.



Rys. 103. Końcówki do przewodników.

Po zlutowaniu przewodów izolowanych złącza izolujemy taśmą izolacyjną; gdy jest obawa przedostania się wilgoci, to należy złącze, przed owinięciem taśmą, jeszcze pokryć warstwą specjalnej masy izolacyjnej (np. czaterton-kompaund). Masę izolacyjną nakłada się w stanie gorącym i na nią nawija się taśmę, która powinna zachodzić na izolację nienaruszoną

łączonych przewodów. Możemy również pod taśmę izolacyjną z tkaniny dać owinięcie taśmą z paragumy, wogóle należy w tym przypadku izolację na złączu dać równie dobrą, jak izolacja przewodów.

4. Gdy końce przewodów wypada zaciskać pod śrubami, to druty do 16 mm² i linki do 6 mm² skręcamy w odpowiednie *uszka* dokładnie przystosowane do śrubek zaciskowych. Końce linek przed tem mocno skręcamy i druciki *zlutowujemy* w jedną całość. Druty powyżej 16 mm² i linki powyżej 6 mm² zapatruje się w *końcówki*, p. rys. 103, do których wlutowuje się koniec przewodnika. Patrz wyżej podane uwagi o lutowaniu.

Przewód musi być wlutowany *sztynno*, aby się nie ruszał w końcówce.

Obnażoną część przewodu owijamy taśmą izolacyjną do samego uszka lub końcówki.

Przy zaciskaniu uszka lub końcówki pod śrubkę należy dbać o to, aby powierzchnie kontaktowe były zupełnie czyste, a śrubka była zacisnięta mocno, należy jednak unikać przekręcenia śrubki i zerwania gwintu.

§ 111. OGÓLNE ZASADY PROWADZENIA PRZEWODÓW. W BUDYNKACH.

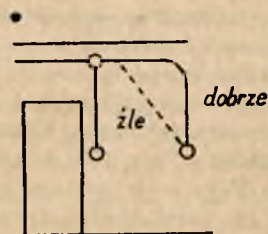
1. *Nowe budynki* muszą być już w czasie budowy przystosowane do prowadzenia instalacji elektrycznej. W ściany powinny być założone odpowiednie rury żelazne dla przepuszczenia rurek z przewodami czy kablami. W odpowiednich miejscach muszą być zrobione wgłębienia w ścianach dla tabliczek rozdzielczych. Szczególnie ważne jest takie przygotowanie w budynkach żelbetonowych.

2. *Przewody i rurki na tynku* — widoczne — należy prowadzić według następujących przepisów.

a. Prowadzić przewody po linjach prostych, wyłącznie poziomych i pionowych, p. rys. 104, zakręty — pod kątem prostym lub łukiem o małym promieniu.

b. Przewody nie powinny się krzyżować, na krzyżowanie należy decydować się w ostateczności, gdy innego wyjścia niema.

c. Przewody widoczne, naogół muszą być wyprężone, aby nie tworzyły linii falistej, natomiast swobodnym łukiem należy wprowadzać przewody z gałek do rurek i do otworów w ścianach lub wyprowadzać z fajek wychodzących na zewnątrz.



Rys. 104. Sposób prowadzenia przewodów.

d. Przewody prowadzić trzeba wzdłuż linii istniejących np. przy sztukaterii, po szlaku, po framudze, po załamach ścian, przy listwie podłogi, a nie tworzyć linii nowych.

e. Aby przewody *nie rzuciły się w oczy*, należy je prowadzić po stronie mniejszego oświetlenia dziennego, np. po ścianie z oknami, poza filarem i t. p., do pajaków (żyrandoli) doprowadzać na suficie od ściany z oknami, do świeczników naciennych zgóry lub zdołu.

3. *Wyłłączniki* dawać przy drzwiach wejściowych z tej strony, gdzie wchodzący najłatwiej będzie mógł do wyłącznika sięgnąć.

4. *Rurki pod tynkiem* można prowadzić *ukośnie*, wyginając dowolnie, ale w łagodne łuki, pewna pochyłość jest konieczna dla odpływu wody. Należy tylko unikać miejsc przewidzianych na wbijanie haków.

5. Wszystkie przewody do siły i światła należy zakładać *co najmniej na odległość 100 mm* od przewodów telefonicznych i dzwonekowych. W przejściach przez ściany należy prowadzić w osobnych rurkach, a na skrzyżowaniach zakładać rurki izolacyjne. Przewodniki dzwonekowe na świecznikach elektrycznych muszą być powleczone gumą wulkanizowaną.

6. Wszelkiego rodzaju przewody elektryczne powinny być prowadzone *zdala od rur gazowych, wodociągowych, ogrzewalnych i kanalizacyjnych.*

W miejscach suchych przewody w rurkach i kable muszą być prowadzone na odległość i co najmniej 20 mm, w wilgotnych zaś conajmniej 100 mm od rur. Ten przepis musi być szczególnie sumiennie przestrzegany, bo styk przewodnika z rurą może spowodować *porażenie* osób dotykających się do rury wodociągowej czy kanalizacyjnej. Od rur gorących przewody muszą być oddzielone odpowiednimi przegródkami izolacyjnymi.

Dla przewodów prowadzonych na izolatorach i gałkach dalej podane są przepisy szczegółowe.

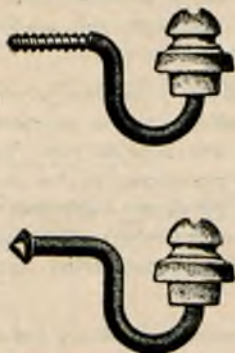
7. Wogóle należy zastosować sposób prowadzenia przewodów i sprzęt elektryczny do rodzaju pomieszczenia. W lokalach mieszkalnych należy mieć na względzie przede wszystkim wygląd, estetykę, w pracowniach zaś przede wszystkim pewne i trwałe zabezpieczenie urządzenia od uszkodzeń.

§ 112. IZOLATORY i GAŁKI.

Przewody w budynkach mogą być prowadzone na izolatorach dzwonowych, gałkach zwykłych, okapowych i żeberkowych i t. p. oraz na zaciskach porcelanowych.

Izolatory wewnątrz budynków stosujemy takie same, jak dla linii napowietrznych, (patrz § 127) lub zwykłe izolatory używane dla przewodów telegraficznych, które bywają trzech wielkości: śred.: 60 — 75 — 90 mm, a odpowiednio wysokość: 85 — 110 — 136 mm, według norm polskich.

Izolatory zakładamy zawsze w położeniu pionowym, umocowując na hakach z gwintem do drzewa lub kotwą do muru, p. rys. 105. W wyjątkowych tylko przypadkach można ustawić izolatory pochyło, zwracając uwagę, aby woda nie mogła się w nich zbierać.



Rys. 105. Sposoby umocowania izolatorów.

Gałki zwykle nadają się tylko do miejsc suchych i niskiego napięcia, p. rys. 106.



Ros. 106.



Rys. 107.



Rys. 108.



Gałki.

Wymiary zwykłych gałek, p. rys. 106.

Dla przewodu o przekroju do mm ²	Wysokość mm	Średnica mm
4	24	24
10	30	30
25	36	36
70	42	42

Wymiary gałek żeberkowych, p. rys. 108.

Dla przewodu o przekroju do mm ²	Wysokość mm	Średnica mm
6	45	36
6	66	42
10	55	50
10	75	56

Gałki okapowe używane są w miejscach wilgotnych do napięć niskich, p. rys. 109.



Rys. 109. Gałka okapowa.

Wymiary gałek okapowych, p. rys. 109.

Do przewodu o przekroju do mm ²	<i>H</i>	<i>h</i>	<i>D</i>
10	36	26	41
25	45	35	46
70	63	50	65
120	81	63	81

Używa się gałki żeberkowe najczęściej przy krzyżowaniu się przewodów.

Pozatem bywają różne izolatory specjalne, np. izolator nosowy używa się przy prowadzeniu pionowo przewodnika zdala od ściany.

Izolatory, gałki i zaciski wyrabiane są prawie wyłącznie z porcelany. Na izolatorach, gałkach okapowych i żeberkowych zawieszamy przewody tak gołe, jak i izolowane, na gałkach zwyczajnych tylko izolowane.

§ 113. ZAKŁADANIE PRZEWODÓW NA IZOLATORACH I GAŁKACH WEWNĄTRZ BUDYNKÓW.

1. *Odstępy przewodów.* Najmniejsze odstępy przewodów pomiędzy sobą i od otaczających przedmiotów i ścian muszą być utrzymane następujące, odpowiednio do lokalu, rodzaju zawieszenia i izolacji.

Odstępy przewodów przy niskim napięciu.

	Odstęp pomiędzy punktami zamocowania przewodów	Odstęp przewodów	
		między sobą cm	od ścian itp. cm
Izolowane przewody w suchych lokalach na gałkach	80 cm	5	1
Izolowane przewody w lokalach wilgotnych na gałkach okapowych	80 cm	5	5
Gołe przewody na izolatorach w suchych lokalach	do 2 m	5	5
	2 do 4 m	10	5
	4 do 6 m	15	5
	ponad 6 m	20	5
Gołe przewody na izolatorach w lokalach wilgotnych	1 m	5	5

Przy niskim napięciu odległości powyższe mogą być w wyjątkowych przypadkach zmniejszone, gdy w rozdzielni są prowadzone grube sztywne przewody umocowane conajmniej w odstępach 1 m, oraz gdy przewody należą do tego samego bieguna.

Odstęp przy wysokim napięciu i gołych przewodach umocowanych na izolatorach w odstępach do 2 m,

Napięcie międzyprzewodowe V	Odstęp między sobą oraz od ścian itp. w cm	Napięcie międzyprzewodowe V	Odstęp między sobą oraz od ścian itp. w cm
1000	5	—	—
3000	7,5	30000	26
6000	10	45000	36
10000	12,5	60000	47
15000	18	80000	58
20000	18	100000	72

Przy wysokim napięciu, gdy odstępy zamocowań będą większe od 2 m, to odstępy od ścian i t. p. należy zwiększyć conajmniej o 2,5 cm na każdy metr zwiększenia odstępów między zamocowaniami, a więc np. przy odległości zamocowań 4 m przy napięciu 1000 V należy stosować odległości od ścian:

$$5 + 2,5 + 2,5 = 10 \text{ cm.}$$

Pozatem, jeżeli jest obawa, że odstępy od ścian i t. p. mogą się zmniejszyć, wskutek ruchu przewodów przy zwarciach albo przesunięcia się otaczających przedmiotów, to odstępy od ścian i t. p. należy powiększyć 1,2 razy.

Wzdłuż zewnętrznych ścian budynków przewody wysokiego napięcia można prowadzić w odstępach według powyższej ta-

blicy powiększonych 1,2 razy i nie bliżej, niż na odległości 10 cm.

Dla odległości od przewodów różnych ochron przy wysokim napięciu, należy do liczb podanych w tablicy dodać: dla blach i drzwi blaszanych — 3 cm, dla siatek i drzwi siatkowych 10 cm, dla ogrodzenia 20 cm, zastrzegając, że w każdym razie odległość ogrodzenia od przewodów nie może być mniejsza od 50 cm.

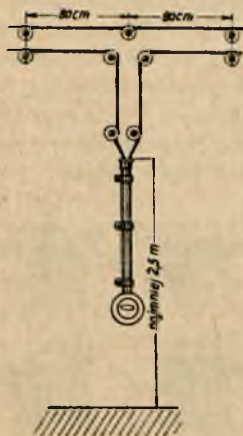
2. *Przewody gołe* w pomieszczeniach ruchu elektrycznego mogą być prowadzone na różnych izolacyjnych wspornikach, zaś w innych pomieszczeniach tylko na izolatorach, podanych na rys. 105, na wysokości niedostępnej dla ludzi lub też, jako osłonięte od dotyku, np. siatką. Stosujemy przewody gołe, gdy nie możemy otrzymać przewodów izolowanych odpornych na działanie żrących gazów i par.

3. *Przewody izolowane* zakładać można na izolatorach gałkach i zaciskach, jednak ten sposób prowadzenia przewodów stosuje się obecnie coraz rzadziej, najczęściej stosowany jest jeszcze w wytwórniach i wszędzie, gdzie zależy na małych kosztach urządzenia.

W pomieszczeniach suchych przewody przywiązujemy do gałek drutem wiązałkowym żelaznym lub miedzianym cynowanym, grub. 1,5 do 2 mm, w pomieszczeniach wilgotnych — szpagatem nasyconym. Przewody mogą być prowadzone na gałkach, nieosłonięte tylko na sufitach i wysoko na ścianach, aby ich nie można było dosięgnąć.

Wszelkie odprowadzenia pionowe do świeczników naściennych wyłączników i gniazd wtyczkowych, znajdujących się na wysokości wzrostu człowieka, należy ułożyć w rurkach lub w postaci przewodów płaszczowych p. rys. 110. Przymocowywanie gałek i t. d. do ścian i sufitów patrz dalej.

Sznurów wielożyłowych, czyli tak zwanej „plecionki” do umocowania na stałe w gałkach zaciskowych *nie używamy*, gdyż ten sposób prowadzenia przewodów jest wzbroniony przez przepisy, jako niezapewniający dobrej i trwałej izolacji od siebie przewodów różnej biegunowości.

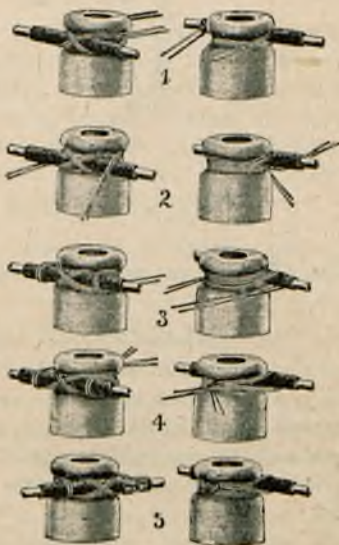


Rys. 110. Ochrona przewodników.

4. *Wykonanie.* Przy zakładaniu przewodów przede wszystkim znaczymy na ścianach i sufitach przebieg przewodów, zaznaczając miejsca izolatorów lub gałek czy zacisków, dając te gałki na odpowiedniej odległości od siebie i pamiętając, że przewód należy zamocować na wszystkich rogach i przy odgałęzieniach; rozstawienie gałek na rogach będzie inne — *szersze*, niż na linii prostej.

Po ukończeniu wyznaczania, oprawiamy izolatory i gałki na ścianach i sufitach, a zaczekawszy aż cement i gips skrzepną, po paru dniach, przystępujemy do naciągania przewodu. Przewód rozwijamy *ostrożnie*, unikając zaplątania i tworzenia się pętliczek, które ostrożnie rozprostowujemy. Przewód zamocowujemy najprzód na *końcach* jednego poziomego odcinka, dobrze go naciągając, potem przywiązujemy w miejscach pośrednich i w ten sposób osiągamy należyte wyprężenie przewodnika. Przy przywiązywaniu, p. rys. 111, należy zwracać uwagę na to, aby nie uszkodzić izolacji przewodnika; jeżeli izolacja nie jest dostatecznie wytrzymała, to przewód trzeba owijać taśmą izolacyjną w tych miejscach, gdzie naciska drut wiązałkowy. Na

krawędziach podkładamy gałki kątowe, p. rys. 106 i 107, przywiązując je do przewodu. W miejscach skrzyżowania zakładamy gałki wysokie, p. rys 108, lub podwójne złożone z dwóch zwykłych gałek. Gdy mamy do wymijania dużo przewodów, najlepiej założyć na jedne z krzyżujących się przewodów rurki, odpowiednio oddalając od przewodów krzyżowanych, np. przez wpuszczenie tych rurek włąb ściany.



Rys. 111. Przywiązywanie przewodów.

Odgałęzienia wykonywamy tuż przy gałkach. Do rurek wprowadzamy przewody luźno, nie naciągając. O układaniu rurek patrz dalej.

§ 114. RURKI DO PRZEWODÓW.

1. Rurki izolacyjne papierowe impregnowane (nasycone), t. zw. „bergmanowskie”, sporządzane w kawałkach po 3 m, z płaszczem z cienkiej blachy żelaznej obołwione lub mie-

dziowane albo z płaszczem z cienkiej blachy mosiężnej, używa się najczęściej; stanowią ochronę od lekkich uderzeń, bywają zakładane pod tynkiem i na tynku. Pod tynkiem najlepiej układać rurki z płaszczem żelaznym obołowionym.

2. Rurki izolacyjne stalowo-pancerne są również papierowe impregnowane, z płaszczem w postaci cienkościennej rurki stalowej, zabezpieczają w zupełności od uszkodzeń mechanicznych, stosuje się głównie do prowadzenia przewodów we wszelkiego rodzaju wytwórniach, garażach, lokalach wilgotnych i t. p.

3. Rurki stalowe zabezpieczone od rdzy np. emalią ze szczeliną lub bez szczeliny (tak zwane peszłowskie) bez warstwy izolacyjnej, zabezpieczają należycie od uszkodzeń mechanicznych. Stosuje się nieraz w krótkich kawałkach dla zabezpieczenia mechanicznego przewodów, zwykle o większym przekroju.

4. Rurki gazowe służą jako ochrona dla rurek izolacyjnych z cienkim płaszczem. W samych rurkach gazowych przewodów prowadzić nie należy, gdyż mają chropowate ścianki wewnętrzne.

5. Rurki gumowe czy kauczukowe dobrze izolują, lecz nie zabezpieczają od uszkodzeń mechanicznych, twarde rurki kauczukowe, zanurzone w wodzie gorącej, gną się z łatwością, bywają więc używane tam, gdzie są trudne przejścia na małej przestrzeni.

Wszystkie wymienione wyżej rurki mogą być zakładane na tynku i pod tynkiem. W miejscach wilgotnych pod tynkiem zaleca się układać tylko rurki izolacyjne z płaszczem żelaznym obołowionym, albo gdzie zależy na większej wytrzymałości mechanicznej — izolacyjne stalowo-pancerne lub stalowe.

Kładąc rurki na tynku, gdy chodzi o ładny wygląd, stosujemy rurki izolacyjne z płaszczem mosiężnym.

W sieciach trójprzewodowych prądu stałego lub cztero-przewodowych prądu trójfazowego, płaszcz rurek stalowo-pancernych lub ścianki rurek stalowych (peszłowskich) mogą służyć, jako uziemiony przewód zerowy, o ile złącza będą odpowiednio wykonane. Prąd dopuszczalny dla rurek peszłowskich wynosi:

przy prześwicie	8 mm	— 10 A
"	"	14 " — 15 A
"	"	18 " — 20 A
"	"	26 " — 30 A
"	"	37 " — 40 A.

§ 115. ZŁĄCZA RUREK.

1. *Rurki izolacyjne z cienkim płaszczem* metalowym łączymy zapomocą mufek, do których wsuwamy końce rurek obnażone z płaszcza. Ogrzewając zlekka niekopałym płomieniem lampki lutowniczej, roztopiamy kit, znajdujący się w karbach mufki, kit ten uszczelnia złącze.

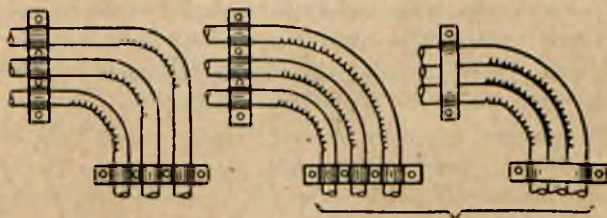
2. *Rurki stalowo-pancerne* skręcamy na gwint, jak gazowe, rurki peszłowskie łączymy zapomocą nasuwanych mufek. Dla zapewnienia dobrego styku elektrycznego, należy z końców zeskrobywać dokładnie emalię.

Przy wykonywaniu złączy rurek, należy pamiętać, że przy wysokim napięciu należy na całej długości połączyć elektrycznie płaszcz rurek i dokładnie uziemić.

Przy prowadzeniu rurek stalowo-pancernych lub stalowych pod podłogą, czy w ziemi *nie można* tam dawać złączy.

§ 116. GIĘCIE RUREK.

1. *Rurki izolacyjne z płaszczem cienkim* gnie się zapomocą odpowiednich cęg przez karbowanie płaszcza od wewnątrz, p. rys. 112.



źle

dobrze

Rys. 112. Zginanie rurek.

2. *Rurki stalowo-pancerne* wygina się na zimno odpowiednim narzędziem, przystosowanym do średnicy. Promień krzywizny zgięcia należy stosować podany w tablicy:

Rurka stalowo-pancerne średn. w mm	11	13,5	16	21	29	36	42
Promień krzywizny zgięcia w mm	110	140	140	160	200	250	320

3. *Rurki peszłowskie* gnie się, jak stalowo-pancerne, szew powinien wypaść z boku.

4. Zamiast zginania rurek, można stosować, *kolanka*, półkolanka, narożniki, albo giętke węże. Praktycy jednak uważają, że montaż idzie najsprawniej, gdy zręcznie wyginamy rurki.

§ 117. ODGAŁĘZIENIA RUREK.

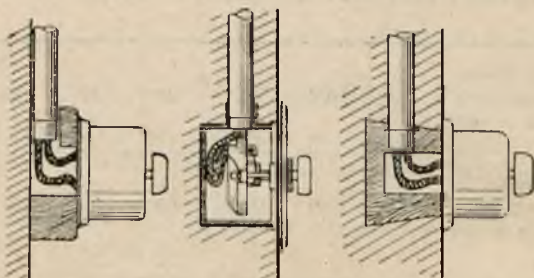
Odgałęzienia i rozgałęzienia rurek wykonywamy, bądź wstawiając *puszki* odgałęźne i rozgałęźne, bądź też *trójniki*. Końce rurek obnażone z płaszcza wsuwamy w odgałęźne wyloty, uszczelniając kitem izolacyjnym. Wyloty zbyteczne uszczelniamy również kitem izolacyjnym. Stosownie do rodzaju rurek, puszki i trójniki należy brać z tego samego materiału.

§ 118. ZAKOŃCZENIE RUREK.

Końce rurek izolacyjnych, swobodnie wystające, zaopatrujemy w *tulejki* — izolacyjne, peszłowskie — w metalowe o gładkiej krawędzi. Aby tulejki nie zmniejszały prześwitu rurek, nasadza się je *zewnątrz* rurek.

Zbyteczne są tulejki przy wprowadzaniu końców rurek do przerywaczy, gniazdek wtyczkowych i świeczników, p. rys. 113.

Końce rurek izolacyjnych z płaszczem cienkim muszą być jednak na długość np. 1 cm obnażone z płaszcza. Do rurek sta-



Rys. 113. Zakończenie rurek.

lowo-pancernych mamy specjalny sprzęt hermetyczny, w którym rurki są wkręcane na gwint.

§ 119. LICZBA PRZEWODÓW W RURCE.

W jednej rurce można prowadzić tylko przewodniki, należące do tego samego obwodu. Szczególnie należy przestrzegać ten przepis przy prądzie zmiennym, gdzie nierówne prądy różnych obwodów w działaniu indukcyjnym na płaszcz nie znoszą się i mogą wywoływać w płaszczu żelaznym szkodliwe prądy wirowe.

Średnicę rurek należy dobrać odpowiednio do liczby i przekroju przewodników, tak, aby przewodniki łatwo było wciągać i wyciągać. Tablica wzięta z przepisów podaje najmniejszą średnicę rurek w prześwicie, patrz str. 235.

Przykład. Gdy mamy poprowadzić dwa przewody o przekroju $1,5 \text{ mm}^2$ w rurce na tynku, to zastosujemy rurkę o średnicy wewnętrznej 11 mm.

Gdy mamy poprowadzić trzy przewodniki, o przekroju 6 mm^2 w rurce pod tynkiem, to weźmiemy rurkę o średnicy 21 mm.

Tablica średnic wewnętrznych rurek „Przepisy budowy i ruchu” § 26.

Liczba przewodów LG w jednej rurce	Ułożenie	Przekroje przewodów w mm ²																
		1	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185		
1	Na tynku	11	11	11	11	11	13,5	13,5	16	21	21	21	21	21	29	29	36	36
2		11	11	16*)	16	21*)	21*)	23	29	36	36	42	42	42	42	—	—	—
3		11	13,5*)	16	21	21	21	29	36*)	36	42	42	42	—	—	—	—	—
4		13,5	16	21	21	21	21	36*)	36	42	48	—	—	—	—	—	—	—
1	Pod tynkiem	11	12	11	13,5*)	13,5*)	13,5	16	21*)	21	21	21	29*)	36*)	36	42*)	42*)	42*)
2		13,5*)	13,5*)	16	21*)	21	23	29	35	35	42	48	48	—	—	—	—	—
3		13,5*)	16*)	21*)	21	21	29*)	29	36	35	42	—	—	—	—	—	—	—
4		16*)	21*)	21	21	29*)	29	36*)	39	42	48	—	—	—	—	—	—	—

*) Na cienkich ścianach przedziałowych, na sufitach, przy krótkich odległościach pomiędzy puszkami do 4 m i przy jednym tylko kolanku, można stosować rurki o jeden stopień cieńsze od średnicy podanej z gwiazdką w powyższej tablicy. DG — drut; LG — linka.

§ 120. ZAKŁADANIE PRZEWODÓW W RURKACH NA TYNKU.

Do układania rurek przystępujemy przed ostatecznym malowaniem ścian.

Przede wszystkim wyznaczamy bieg rurek na ścianach i sufitach, a następnie przecinamy odpowiedniej długości rurki, zapatrując je w zgięcia, kolanka, puszki rozgałęźne i trójniki. Przycinanie rurek wykonywa się drobną piłą.

Przy wyznaczaniu biegu rurek, należy dbać o wygląd pomieszczenia, tak, jak to było zaznaczone na str. 222.

Liczba i układ kolanek i puszek powinien być tak dobrany, aby przewody dały się z łatwością wciągać i wyciągać. Zwykle staramy się, aby odległość pomiędzy dwoma otworami, przez które można wciągać przewodnik nie przewyższała 15 m, zawierając najwyżej 4 zakręty.

Aby uniknąć zbierania się wody w rurkach, należy układać rurki z pewnym chociaż niewielkim spadkiem. Szczelinę w poziomych rurkach peszłowskich zwracamy na dół, a w pionowych — ku ścianie.

Rurki przymocowujemy blaszanymi klamerkami, przygważdżając je do ściany, jak podano dalej. Odstęp sąsiednich klamek około 80 cm.

Unikamy układania rurek na podłodze. Gdy przewody muszą być prowadzone po podłodze, to bierzemy rurki izolacyjne stalowo-pancerne i zakładamy pod posadzkę, unikając pod posadzką złącz.

W przejściach przez podesty i wogóle w miejscach, gdzie rurki są narażone na uszkodzenia mechaniczne, osłaniamy rurki izolacyjne z cienką powłoką metalową i rurki peszłowskie rurkami gazowymi.

Jeżeli rurki są narażone na wpływy chemiczne i wilgoć, to pociągamy rurki dwukrotnie lakierem asfaltowym lub emalijowym.

Po ułożeniu rurek, wciągamy przewody, posiłkując się stalową sprężyną zakończoną kulką, którą przetykamy najpierw. W wyjątkowych przypadkach, gdy to jest dogodniej, można przewodniki przewlec przed ułożeniem rurek.

Dla zmniejszenia tarcia przy wciąganiu przewodników, wdmuchujemy do rurek troszkę proszku talkowego.

Po wciągnięciu przewodów, przystępujemy do łączenia przewodów w puszkach, zapomocą zacisków śrubowych na *wstawkach* izolacyjnych oraz przyłączania do wyłączników i odbiorników. Aby powyższe przyłączenia swobodnie można było wykonać, należy przy wciąganiu przewodników zostawiać *dosyć długie* końce wystające z rurek.

Rurki stalowo-pancerne i obołowione po ułożeniu i wciągnięciu drutów łącznie z ich sprzętem zawsze malujemy farbą olejną lub też emaliową, czy asfaltową. Malowanie takie należy od czasu do czasu odnawiać.

§ 121. ZAKŁADANIE PRZEWODÓW W RURKACH POD TYNKIEM.

W mieszkaniach, biurach i t. p. zakładamy obecnie przewody wyłącznie w rurkach pod tynkiem.

Do zakładania rurek przystępujemy przed tynkowaniem. Przede wszystkim zaznaczamy położenie świeczników, gniazd kontaktowych, wyłączników i tabliczek rozdzielczych, następnie przebieg rurek i położenie puszek rozgałęźnych i trójników. Przebieg rurek zaznaczamy drogą najkrótszą z pewną pochyłością, wymijając w miarę możliwości miejsca, w których należy przewidywać wbijanie haków czy gwoździ.

Po wyznaczeniu całego urządzenia w danym lokalu, przystępujemy do wykuwania rowków, których głębokość musi być tak dobrana, aby rurka schowała się pod tynkiem, a pokrywka puszek znalazła się na powierzchni tynku. W budowlach betonowych najlepiej zawczasu pozostawić w ścianach żłobki i otwory w ścianach i stropach.

W suficie można czasem, wywierciwszy niewielki otwór, wpuścić rurkę gumową i przepchnąć ją między belkami do samej ściany i wyciągnąć przez otwór w sztukaterii w pobliżu ściany. W żłobkach zakładamy rurki, puszki i trójniki, przytwierdzając do muru drucikami żelaznymi lub skobelkami w odstępach około 80 cm.

Po ułożeniu, przed otynkowaniem, zaraz rurki sprawdzamy, przewlekając kulkę nieco mniejszą od prześwitu; w razie stwierdzonej przy przeciąganiu przeszkody, odpowiednią gałąź rurek rozbieramy i naprawiamy.

Gdy rurki są sprawdzone, niezwłocznie rurki tynkujemy. Podczas tynkowania należy zatknąć wszystkie otwory prowadzące do rurek.

Do wciągania przewodów przystępujemy dopiero *po zupełnym wyschnięciu* murów i tynku. Gdy rurki wewnątrz są trochę wilgotne, należy je przesuszyć.

Po wciągnięciu przewodów montujemy świeczniki, gniazdko, przerywacze i tabliczki rozdzielcze.

§ 122. ZAKŁADANIE PRZEWODÓW PŁASZCZOWYCH I PRZEWODÓW W OŁOWIU.

1. *Przewody płaszczone* prowadzone bywają na tynku, mogą leżeć również w rowkach wyżłobionych pod tapetami, w ten sposób, aby przebieg przewodów był widoczny. Przewód płaszczywy można układać tylko w pomieszczeniach zupełnie suchych, przy niskim napięciu prądu.

Aby taki przewód zawsze było łatwo zdjąć, nie można go wpuszczać w mur.

2. *Przewód w płaszczu ołowianym* może być prowadzony na ścianach zewnątrz budynków i w pomieszczeniach niezbyt wilgotnych. Można go układać w rurkach pod tynkiem na niewielkich odległościach do dwóch kolanek.

Połączenia i odgałęzienie przewodów płaszczywych i w ołowiu muszą być wykonywane zapomocą specjalnych rozetek lub wkładek w puszkach. Przytwierdzamy te przewody klamerkami w odstępach 50 cm do 80 cm.

§ 123. PRZEJŚCIA PRZEZ ŚCIANY I STROPY.

Otwory w drzewie przewiercamy odpowiednio długimi wiertłami, w murze przebijamy rurkami stalowymi odpowiednio zabezpieczonymi i zahartowanymi, starając się jak *najmniej* uszkodzić strop czy ścianę.

Młotkiem uderzamy często lecz niezbyt silnie, a po każdym paru uderzeniach rurkę pokręcamy, po kilkunastu uderzeniach rurkę wyjmujemy i wysypujemy rozbity materiał.

1. *Przewody gołe* prowadzone na izolatorach wewnątrz budynków, należy przepuszczać przez otwory, których ścianki muszą być oddalone od przewodów conajmniej według przepisów podanych na str. 226, zabezpieczając gdzie potrzeba od dotknięcia. Można również zastosować odpowiednie izolatory przepustowe przystosowane do wysokości napięcia prądu.

2. *Przewody izolowane* prowadzone na gałkach lub zaciskach przeprowadzamy przez ściany w rurkach izolacyjnych, dając *oddzielną* rurkę dla każdego przewodu. Rurki te na obu końcach zaopatrujemy w tulejki izolacyjne, p. rys. 114, wystające nad powierzchnią tynku. W lokalach wilgotnych zakładamy na całej długości rurkę porcelanową.



Rys. 114. Przejście przez ścianę. Rys. 115. Przejście na zewnątrz.

Przy przejściach na zewnątrz, dajemy tulejkę porcelanową zwróconą otworem nadół, p. rys. 115.

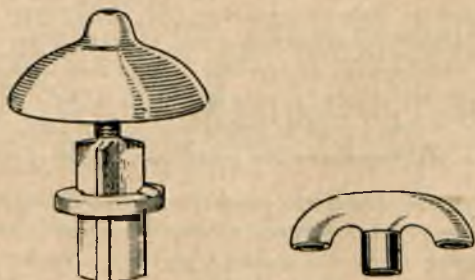
Przewody przy wyjściu i wejściu do rurek muszą wisieć swobodnie, nienaciągnięte.

2. *Przewody płaszczowe i w ołowiu* przepuszczamy w całości wszystkimi żyłami w jednej rurce.

3. *Sieci rurek izolacyjnych* czy pieszłowskich prowadzimy przez ściany bez dodatkowego zabezpieczenia, o ile nie są narażone na uszkodzenia mechaniczne.

4. *Przejścia przewodów na zewnątrz budynków* lub z lokali suchych do wilgotnych ze strony wilgotnej mają fajkę porcelanową, p. rys. 115, zwróconą otworem wdół.

Przy wyprowadzaniu przewodów przez dach, zakładamy rurki izolacyjne wewnątrz rur żelaznych, umieszczając u góry odpowiedni wpust porcelanowy, p. rys. 116.



Rys. 116. Wpust porcelanowy.

Z takiej fajki czy wpustu przewodnik powinien zwieszać się swobodnie.

4. Przejścia do akumulatorni muszą być szczelne, wtedy tulejki zalewamy kitem albo dajemy tak zwane izolatory przepustowe.

5. *Przejścia przez stropy* wykonywane są w podobny sposób, jak przejścia przez ściany, przy wyjściu jednak z pod podłogi, rurki z cienkim płaszczem lub peszłowskie należy specjalnie zabezpieczać od zacieków i uszkodzeń mechanicznych, zapomocą rurek gazowych lub kątówek, czy korytek żelaznych, na wysokość przynajmniej 10 cm od podłogi, lepiej wyżej, np. 50 cm i więcej.

§ 124. ZAMOCOWANIE I PRZYGWAŹDŻANIE.

Różne części urządzenia elektrycznego wewnątrz lokali wypada przymocowywać do ścian i stropów. Wykonywamy to różnymi sposobami:

1. Przymocowywanie do drzewa jest najprostsze, odbywa się zapomocą odpowiedniej wielkości *wkrętek* lub *skobelków* z ostrymi końcami.

2. Do muru przygwądzamy różnymi sposobami:

- a) Kołki stalowe, p. rys. 117, wbijamy do muru bezpośrednio. Do kołków sprzęt przykręcamy śrubkami. Takie kołki trzymają się nie zbyt mocno, służą do przymocowania przedmiotów lekkich.



Rys. 117. Kołek stalowy.

- b) Wkrętki okrężone dwoma drucikami wmurowujemy za pomocą zaprawy gipsowej, p. rys. 118. Gdy gips stwardnieje, śrubkę możemy wykręcić i użyć do przykręcenia lekkiego przedmiotu. Przed wkręceniem można wkrętkę naoliwić, aby było łatwiej wykręcić.



Rys. 118. Wkrętka wmurowana za pomocą zaprawy gipsowej.



Rys. 119. Klocek metalowy.



Rys. 120. Klocek drewniany.

- c) Obsadzamy w murze klocki metalowe z gwintem i przyśrubowujemy sprzęt instalacyjny odpowiednimi śrubkami, p. rys. 119.
- d) Obsadzony w murze *klocek* drewniany, p. rys 120, drzewo bierzemy ze słojami wzdłużnymi, dobrze wysuszone, z podstawą szerszą i zaprawiamy gipsem, po wyschnięciu za pomocą wkrętek przymocowujemy lekkie przedmioty.
- e) Przedmioty ciężkie umocowujemy na *kotwach* (ankrach) żelaznych zamurowanych na zaprawie cementowej.

f) Gałki porcelanowe umocowuje się na kołkach żelaznych z odpowiednią kotwą do zamurowania, bywają kołki na dwie i więcej gałek, p. rys. 121.



Rys. 121. Gałki na kołkach z kotwą.



Rys. 122. Gałki na listwie z uchwytami.

3. Do belek żelaznych mocować możemy listwy z odpowiednimi uchwytami, p. np. rys. 122.

§ 125. ZAKŁADANIE PRZEWODÓW IZOLOWANYCH NA ZEWNĄTRZ BUDYNKÓW.

Tylko wyjątkowo zakładamy przewody odziane (str. 210) na izolatorach, gdy mogą się przypadkiem zetknąć z innymi lub gdy są osiągalne przez człowieka stojącego na balkonie czy dachu, albo też krzyżują się z innymi przewodami.

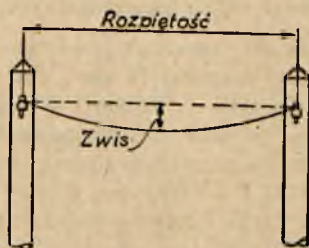
Również wyjątkowo stosujemy przewody izolowane prowadzone w rurkach stalowo-pancernych wodoszczelnych. Prowadzone bywają również przewody płaszczowe i w ołowiu przy zachowaniu szczelności puszek łączeniowych i rozgałęźnych. Pod okapem, gdzie ściany są zawsze suche, możemy nawet zakładać zwykłe rurki izolacyjne z cienkim płaszczem

§ 126. ZAWIESZANIE PRZEWODÓW NAPOWIETRZNYCH.

Sposób prowadzenia przewodów napowietrznych przy rozpiętościach powyżej 20 m podlega przepisom wydanym przez Ministerstwo Robót Publicznych z roku 1932 *). Obecnie opracowuje się uzupełnienia i zmiany do tych przepisów.

*) Monitor Polski z dnia 23 maja 1932. Sprostowanie: Monitor Polski 5 września 1932 r.

1. Przewody zawieszamy na izolatorach, stosując *rozpiętość*, p. rys. 123, czyli odstęp między sąsiednimi punktami zawieszenia odpowiednie do przekroju przewodów. Naj-



Rys. 123.

większą dopuszczalną rozpiętość przy zastosowaniu słupów drewnianych, odpowiednio do sumy przekrojów wszystkich zawieszonych przewodów, możemy wziąć według następującej tablicy:

Suma przekrojów:

powyżej 300 mm ²	największa rozpiętość	40 m
od 210 do 300 mm ²	" "	50 m
od 110 do 210 mm ²	" "	60 m
poniżej 110 mm ²	" "	80 m.

Zwykle bierzemy rozpiętości mniejsze, niż wypada z obliczenia, zawsze jednakowe na całej linii, aby naciągi po obu stronach słupa były równe, wyjątki czynimy tylko z konieczności przy przejściu przez ulicę lub rzekę. Wśród zabudowań bierzemy rozpiętości od 30 do 50 m. Na słupach żelaznych do 350 m i więcej.

Przykład. Gdy mamy zawiesić na tych samych słupach dwa przewody po 70 mm² i dwa po 10 mm², to suma przekrojów będzie:

$$2 \times 70 + 2 \times 10 = 160 \text{ mm}^2,$$

a więc największa rozpiętość dopuszczalna wypada 60 m, bierzemy np. 40 m.

2. *Przewodniki* stosowane do przewodów napowietrznych podlegają następującym przepisom.

Druty jednolite z miedzi twardej i bronzu, o przekroju 10 lub 16 mm² stosuje się do rozpiętości najwyżej 80 m.

Linki stosuje się do wszystkich przekrojów z zastrzeżeniem, że dla miedzi twardej najmniej 10 mm², dla glinu (aluminium) najmniej 25 mm², dla stali — 16 mm². Wyjątek stanowią sieci miejscowe (miejskie, gminne) niskiego napięcia, gdy rozpiętość nie przekracza 35 m, tu najmniejsze przekroje wynoszą: z miedzi normalnej twardej i z bronzu — 6 mm² (drut lub linka); z normalnego glinu i jego stopów — 16 mm² (linka); ze stali — 10 mm² (drut i linka).

3. Przewody *zawieszamy zawsze z pewnym zwisem*, p. rys. 123, naciągając je tak mocno, jak na to pozwala ich wytrzymałość.

W zawieszonym przewodzie zmienia się zwis i naciąg pod wpływem zmian temperatury, oraz sadzi (powłoka lodu przy gołoledzi, powstająca na przewodzie). Przewód najwięcej *zwis*a podczas upałów, oraz pod wpływem ciężaru sadzi, która zdarza się przy słabych mrozach około — 5° C.

Największy *naciąg* zdarza się podczas sadzi przy dużym zwisie i podczas silnych mrozów przy małym zwisie.

Przy montażu naciągamy przewody tylko do tego stopnia, aby przy obniżeniu się temperatury i przy sadzi, a więc w najniekorzystniejszych warunkach, naprężenie nie przekroczyło wielkości dopuszczalnej w przewodach jednodrutowych 12 kg/mm², dla linek 19 kg/mm².

Jaki pod powyższym warunkiem należy dać *zwis* wskazuje w zależności od materiału przewodnika, przekroju i temperatury otaczającego powietrza tablica I dla rozpiętości od 25 do 40 m.

Jakie należy dać naprężenia wskazuje tablica II dla rozpiętości 50; 80 i 120 m.

Gdy na wspólnych słupach mamy przewody kilku przekrojów, to dla nadania linii napowietrznej lepszego wyglądu i uniknięcia stykania się podczas wiatru naciągamy wszystkie przewody na jeden zwis największy najcieńszego przewodu.

TABLICA I.
Zwisy przewodów w centymetrach.

Przewody jednodrutowe Napężenie dopuszczzone 12 kg/mm ²												Prze- krój w mm ²	Linki Např. dopusz- czone 19 kg/mm ²			
6 mm ²			10 mm ²				16 mm ²				Rozpię- tość w m		25 mm ² i więcej			
25	30	35	25	30	35	40	25	30	35	40		25	30	35	40	
8	18	35	6	11	17	28	6	8	12	18	— 25 ⁰	4	5	7	9	
10	21	39	7	12	19	32	7	9	13	20	— 20 ⁰	4	6	8	10	
14	27	46	8	15	24	39	8	11	17	26	— 10 ⁰	5	7	9	11	
18	33	52	10	18	30	46	10	13	21	31	0 ⁰	5	8	10	13	
22	39	58	13	23	37	54	14	17	27	38	+ 10 ⁰	6	9	12	16	
27	45	64	18	30	44	61	18	22	33	45	+ 20 ⁰	8	12	15	19	
33	51	70	24	37	51	69	24	29	41	53	+ 30 ⁰	10	15	18	24	
38	57	75	31	44	58	76	30	37	47	61	+ 40 ⁰	13	18	23	29	

TABLICA II.
Napężenia przewodów z normalnej miedzi twardej w kg/mm².

Tempera- tury w °C	Rozpiętość 50 m				Rozpiętość 80 m				Rozpiętość 120 m			
	Drut	Linki			Linki				Linki			
	10mm ²	16mm ²	25mm ²	35mm ²	16mm ²	25mm ²	35mm ²	50mm ²	16mm ²	25mm ²	35mm ²	50mm ²
— 40 ⁰	5,36	21,90	22,40	22,40	15,01	19,20	21,21	22,10	7,80	12,27	15,59	18,37
— 25 ⁰	4,16	18,73	19	19	12,29	16,17	18,11	19	6,98	10,50	13,25	15,73
— 20 ⁰	3,98	17,59	17,90	17,90	11,46	15,23	17,13	17,99	6,76	9,98	12,52	14,92
— 10 ⁰	3,54	15,50	15,81	15,81	9,95	13,36	15,18	16,01	6,35	9,07	11,26	13,37
0	3,21	13,43	13,75	13,75	8,63	11,65	13,34	14,08	6,00	8,31	10,17	12,02
+ 10 ⁰	2,95	11,45	11,75	11,75	7,54	10,13	11,64	12,32	5,68	7,67	9,24	10,81
+ 20 ⁰	2,73	9,58	9,88	9,88	6,67	8,78	10,08	10,70	5,42	7,12	8,45	9,78
+ 30 ⁰	2,56	7,91	8,18	8,18	5,99	7,69	8,76	9,28	5,18	6,66	7,78	8,90
+ 40 ⁰	2,41	6,52	6,73	6,73	5,43	6,79	7,66	8,08	4,95	6,26	7,22	8,16
— 5 ⁰ sadz norm.	12	19	17,92	17,18	19	19	19	18,56	19	19	19	19
— 5 ⁰ sadz podwójna	18,50	23,85	22,51	20,00	26,53	24,73	23,59	22,18	28,86	26,95	25,66	24,41

Przykład. Obliczmy zwisy przewodów według tab. I dla przewodu jednodrutowego o przekroju 10 mm^2 i przewodu w postaci linki 25 mm^2 zawieszonych na tych samych słupach przy rozpiętości 40 m, jeżeli w czasie montażu temperatura powietrza była $+ 15^\circ \text{ C}$.

Dla drutu 10 mm^2 przy $+ 20^\circ$ mamy zwis — 61 cm,

„ „ „ przy $+ 10^\circ$ mamy zwis 54 cm.

Możemy więc przy $+ 15^\circ$ przyjąć zwis średni

$$(61 + 54) : 2 \cong 57 \text{ cm.}$$

Dla linki 25 mm^2 przy $+ 20^\circ$ mamy zwis — 19 cm,

„ „ „ przy $+ 10^\circ$ mamy zwis 16 cm.

Więc dla $+ 15^\circ$ zwis średni:

$$(19 + 16) : 2 \cong 17 \text{ cm.}$$

Chcąc, aby przewody wisały równolegle jeden do drugiego, naciągamy ich na wspólny większy zwis — 57 cm.

Lepiej unikać prowadzenia na tych samych słupach przewodów grubych i cienkich.

Przy $+ 10^\circ \text{ C}$ znajdujemy z tablicy II-giej rozpiętości 50 m — $2,95 \text{ kg/mm}^2$ i $11,75 \text{ kg/mm}^2$, przy $+ 12^\circ \text{ C}$ naprężenie należy brać nieco mniejsze i może być obliczone ze wzoru:

$$\begin{aligned} \text{dla } 10 \text{ mm}^2: 2,95 - \frac{2,95 - 2,73}{20 - 10} \times (12 - 10) = \\ \cong 2,91 \text{ kg/mm}^2. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{dla } 25 \text{ mm}^2: 11,75 - \frac{11,75 - 9,88}{20 - 10} \times (12 - 10) = \\ \cong 11,35 \text{ kg/mm}^2 \end{aligned}$$

Wobec tego naciąg, czyli cała siła, z jaką wypadnie wyprężyć przewody, będzie:

$$2,91 \cdot 10 = 29,1 \text{ kg}$$

$$11,35 \cdot 25 = 284 \text{ kg}$$

Przy tych naciągach zwisy będą niejednakowe. Chcąc mieć zwisy jednakowe zmniejszamy odpowiednio naciąg przewodu grubszego.

4. Dla obliczenia zwisu przy wiadomym naciągu możemy posilkować się wzorem:

$$f = \frac{a^2 \cdot G}{8 \cdot P}$$

f — zwis w metrach, a — rozpiętość w metrach, G — ciężar 1 metra przewodów w kg, P — cały naciąg na przewód w kg.

Przykład. Drut o przekroju 10 mm² zawieszono przy rozpiętość $a = 50$ m i naciągnięto siłą 29,5 kg, jaki jest zwis?

Według tabl. na str. 210 ciężar jednego metra drutu wynosi 0,089 kg, zwis więc wyniesie:

$$f = \frac{50^2 \times 0,089}{8 \times 29,5} = 0,94 \text{ m.}$$

5. Odstęp przewodów między sobą bierzemy według następujących wskazówek:

Przy *niskim* napięciu:

- a) Odstęp pomiędzy przewodami różnej biegunowości:
 - przy rozpiętościach do 40 m — 35 cm,
 - przy rozpiętościach od 40 do 50 m — 40 cm.
- b) Odstęp najniżej założonego nieuziemionego przewodu przy największym zwisie powinien wynosić:
 - nad ziemią w polu — 5 m,
 - nad drogami kołowymi — 6 m.
- c) Najmniejszy odstęp przewodów od powierzchni dachów, kominów i t. p. miejsc dla ludzi dostępnych powinien wynosić conajmniej 2,6 m.

Przy *wysokim* napięciu:

- a) Odstęp najmniejszy pomiędzy przewodami różnej biegunowości oblicza się w cm ze wzoru:

$$b = k\sqrt{f} + \frac{U}{1500},$$

f — największy zwis w cm,

U — napięcie w voltach,

k — współczynnik dla miedzi i brązu 7,5 a dla aluminium i jego stopów — 10. Gdy U mniejsze od 3000 V, to b conajmniej 35 cm.

Gdy U większe lub równe 3000 V, b conajmniej 80 cm dla miedzi i brązu i 100 cm dla aluminium i jego stopów.

- b) Odstęp pomiędzy przewodem, a uziemioną konstrukcją wsporczą przy napięciu mniejszym od 15 kV lub równym 15 kV wynosić powinien conajmniej 20 cm, a przy wyższych napięciach conajmniej tyle cm, ile wypada ze wzoru:

$$10 + \frac{U}{1500}.$$

gdzie U — napięcie robocze w voltach.

- c) Najmniejszy odstęp przewodów od dachów, kominów i t. p. miejsc dostępnych dla ludzi powinien wynosić conajmniej 3,5 m.

- d) Odstęp najniżej założonego nieuziemionego przewodu powinien wynosić:

nad ziemią w polu — 6 m,

nad drogami kołowymi — 7 m.

W czasie katastrofalnej podwójnej sadzi odstępy te mogą się zmniejszyć do 4,5 m nad polem i do 5 m nad drogą.

§ 127. IZOLATORY.

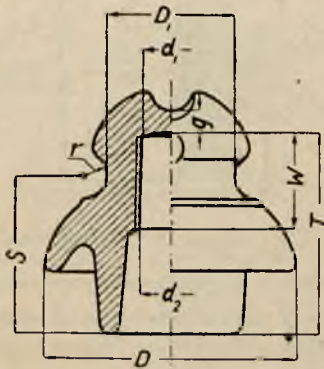
1. Izolatory dla przewodów napowietrznych stosujemy różnej wielkości i konstrukcji stosownie do przekroju przewodów i wysokości napięcia.

Przytaczamy tablice izolatorów stojących najczęściej stosowanych dla niskich i niezbyt wysokich napięć.

Izolatory niskiego napięcia według norm polskich, wymiary dwóch typów N_1 i N_2 , rys. 124 podajemy na str. 249.

Wymiary w mm.

	Znak	D	D_1	d_1	d_2	S	T	r	W	g
Porcelanowe	N_1	100	50	22	24	62	80	9	38	8
	N_2	80	42	19	21	55	70	6	31	8
Szkłane	N_1	100	55	22	24	64	81	9	41	10
	N_2	85	45	19	21	57	72	6	35	10



Rys. 124. Izolatory niskiego napięcia wg. norm polskich.

Inne izolatory według norm niemieckich na niskie napięcie, p. rys. 125 i tabelka:

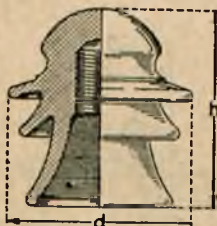


Rys. 125. Izolatory niskiego napięcia wg. norm niemieckich.

Dla przewodów o przekroju do mm ²	<i>d</i> mm	<i>h</i> mm
10	60	60
35	80	85
150	95	95

Powierzchnia izolatorów musi być glazurowana, glazura nie powinna mieć skaz lub bąbli, wogóle izolatory powinny odpowiadać przepisom.

Izolatorów na wysokie napięcie, podajemy pięć typów, rys. 126 i tabelka:



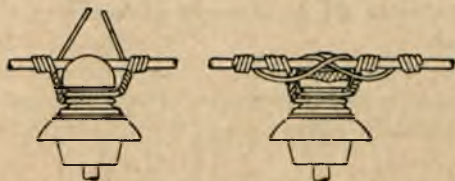
Rys. 126. Izolator wysokiego napięcia.

Napięcia do V	Przekrój przewodów do mm ²	<i>d</i> mm	<i>h</i> mm
6000	150	120	130
10000	150	135	145
15000	150	150	165
25000	150	190	220
35000	150	250	295

2. Przewód albo zaciska się w specjalnej oprawce osadzonej na główce izolatora, lub też przywiązuje się drutem wiązalkowym na główce lub przy szyjce. Na zakrętach przewod przywiązujemy zawsze przy szyjce, w ten sposób, aby przewodnik przyciskany był do izolatora pod wpływem naciągu.

Drut wiązałkowy ma średnicę od 1,5 do 2,5 mm, bierzemy go z tego samego materiału, z jakiego jest przewód, gdyż stykające się różne metale na wilgoci tworzą ogniwo galwaniczne zwarte, w którym powstający prąd wyżera stykające się metale.

Przywiązując na główce, p. rys. 127, bierzemy dwa kawałki drutu wiązałkowego długości 500 mm każdy i przykładamy po obu stronach szyjki izolatora; opasawszy szyjkę, skręcamy końce, wprowadzamy następnie przewód między utworzone różki i owijamy go końcami drutu wiązałkowego, przekładając lewy koniec na prawą stronę, a prawy na lewą stronę.



Rys. 127. Przywiązanie przewodu na główce izolatora.

Przywiązanie przy szyjce, p. rys. 128, odbywa się za pomocą jednego kawałka drutu wiązałkowego o długości 700 mm. Opasujemy tym drutem izolator, zawijamy oba końce na drucie i opasujemy drugi raz izolator, poczym końce skręcamy.



Rys. 128. Przywiązanie przewodu przy szyjce izolatora.

Chcąc *mocniej* przywiązać przewód, rys. 129, opasujemy drutem wiązałkowym izolator, wyprowadzając jeden koniec u dołu drugi u góry przewodu, krzyżujemy końce drutu na przewodzie i jeszcze raz opasujemy izolator; takie opasanie powtó-

rzyć można 3 do 4 razy, wreszcie końce drutu wiązalkowego zawijamy na przewodzie z obu stron izolatora 6 do 8 zwojami.



Rys. 129. Inny sposób przywiązywania przewodu.

3. *Trzony* izolatorowe bywają bądź proste, bądź wygięte, zaopatrzone wkrętką do drzewa, bądź kotwą do muru, albo gwintem z nakrętką dla umocowania na żelaznych poprzeczkach czy stojakach.

Na trzon *wkręcamy* izolator, nakręcając na zakarbowane końce trzonów konopie, nasycone olejem lnianym lub minją. Wkręcanie izolatora odbywa się w kierunku nawinięcia konopi.

§ 128. SŁUPY I WSPORNIKI.

Na słupy używa się przede wszystkim świerki i sosny wyrosłe na suchej glebie i skarczowane zimą. Słup może być uznany za prosty, gdy przeciągnięty wzdłuż niego sznur w żadnym miejscu nie odstaje więcej, niż o połowę średnicy słupa.

Średnia trwałość słupów drewnianych nienasyconych wynosi do 7 lat. Przesycając słup odpowiednimi środkami, można trwałość zwiększyć do lat 20.

Najmniejsze średnice odgórne słupów pojedynczych, przy niskim napięciu, wynosić powinny 12 cm, a przy wysokim napięciu 15 cm. W słupach bliźniaczych, p. rys. 133a, i A-owych, p. rys. 133b, może być 10 cm, a w podporach 9 cm.

Grubość słupa wybieramy stosownie do liczby i grubości zawieszonych przewodów, oraz rodzaju słupa. Wyróżniamy:

1. *Słupy przelotowe*, które nie wytrzymują naciągu jednostronnego przewodów.
2. *Słup odporowy*, który wytrzymuje $\frac{2}{3}$ jednostronnego naciągu, w razie zerwania się części przewodów.

3. *Słup narożny*, wytrzymaający istniejące naciągi.
4. *Słup odporowo-narożny*, wytrzymaujący nie tylko istniejące naciągi, ale również $\frac{2}{3}$ jednostronnego naciągu w razie zerwania się części drutów.
5. *Słup krańcowy*, wytrzymaujący naciąg jednostronny.

Poza tym, przy obliczaniu słupów, uwzględnia się według przepisów parcie wiatru.

W przybliżeniu grubość odgórna słupa przelotowego z drzewa iglastego można obliczyć według następujących wzorów:

Dla słupów nienasyconych:

$$d = 0,0065 h + 0,32 \sqrt{a \cdot b}$$

Dla słupów nasyconych:

$$d = 0,0065 h + 0,22 \sqrt{a \cdot b}$$

Dla słupów nasyconych olejem smolistym:

$$d = 0,0065 h + 0,19 \sqrt{a \cdot b}$$

d — średnica odgórna w centymetrach, h — całkowita wysokość słupa z zakopany odziomkiem w centymetrach, a — rozpiętość zawieszenia przewodów w metrach, b — suma średnic wszystkich zawieszonych na słupach przewodów w milimetrach. Wynik należy zaokrąglić zawsze wwyż.

Przykład. Linia ma 2 przewody po 70 mm², 2 po 10 mm² zawieszona na średniej wysokości 6 m od ziemi. Przyjmujemy całą długość słupa 7,5 m, rozpiętość 40 m, średnica linki o przekroju 70 mm² wynosi 10,5 mm (str. 211), drut 10 mm² ma średnicę 3,75 mm, więc suma średnic będzie:

$$10,5 \times 2 + 3,75 \times 2 \cong 28 \text{ mm,}$$

przeło:

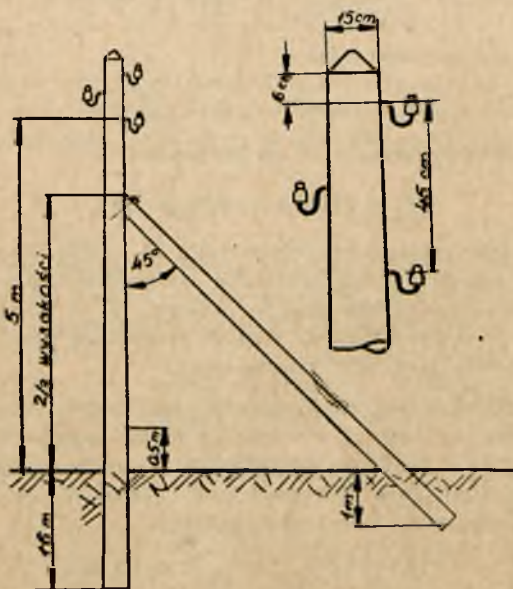
$$\begin{aligned} d &= 0,0065 \times 750 + 0,22 \sqrt{40 \times 28} = \\ &= 4,87 + 0,22 \times 33,3 = 12,22 \text{ cm} \end{aligned}$$

możemy wziąć 13 cm.

Podpory i odciażki. Słupy narożne i krańcowe zaopatruje się zwykle w podpory lub odciażki.

Podpory zakładamy po tej samej stronie, w którą ciągną przewody, odciażki po stronie przeciwnej. Kierunek siły ciągnięcia w słupie narożnym dzieli kąt między przewodami na połowę.

Podpora powinna dochodzić możliwie do samych przewodów, a przynajmniej na $\frac{2}{3}$ wysokości słupa. Pochylenie podpory najlepsze o kąt 45° . W ziemi podporę dobrze jest oprzeć np. na podkładzie drewnianym zakopanym na głębokości 1 m

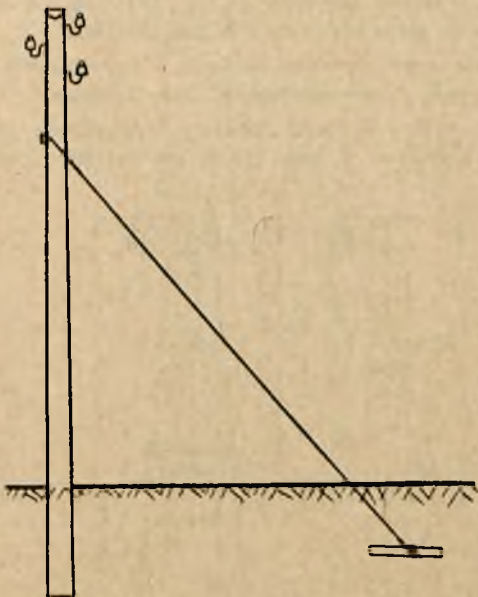


Rys. 130.

Rys. 131.

lub na kamieniu. Umocowanie podpory na słupie uskutecznia się zapomocą sworznia lub kłamy, p. rys. 130. W słupie wcięć żadnych robić nie wolno.

Odciażki, p. rys. 132, dajemy w postaci linki żelaznej ocynkowanej o średnicy conajmniej 5 mm. Linka obejmuje słup na tej samej wysokości, na jakiej opiera się podpora; aby nie mogła się zsunąć, przebijamy linkę skobelkiem. Odciażki sprowadzamy do ziemi pod kątem 45° i zaczepiamy w sposób trwały o belkę lub o duży kamień zakopany w ziemi.



Rys. 132.

Przy wysokim napięciu lepiej odciażek nie dawać. W razie, gdy innego sposobu nie ma, to dajemy odciażkę, która nie powinna dotykać się do żadnych żelaznych części na słupie. Na wysokości przynajmniej 2,5 m od ziemi umieszczamy w odciażce izolator odciągowy odpowiedni do napięcia roboczego sieci, drut odciażki poniżej tego izolatora musi być uziemiony. Przy ziemi odciażkę osłonić słupkiem drewnianym.

Gdy nie można założyć ani podpór, ani odciażek, wówczas stawiamy słupy podwójne A-owe lub bliźniacze, p. rys. 133, gdzie

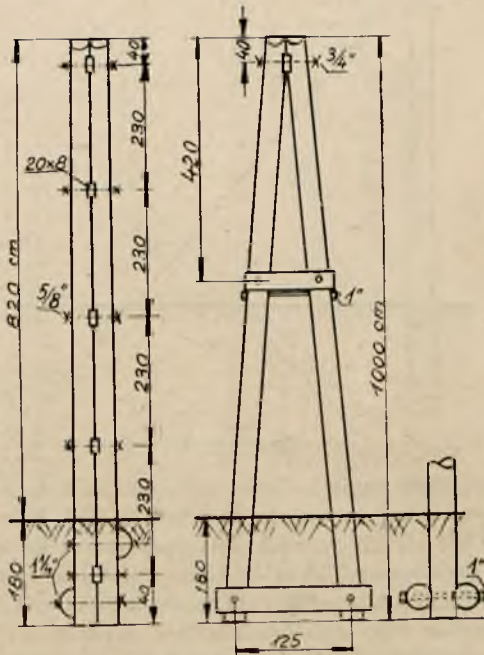
składowe części złączone są ze sobą przechodzącymi nawskroś sworzniami.

Z podporami lub odciążkami, albo też jako słupy A-owe, stawia się słupy odporowe, które w prostej linii należy dawać np. co 500 m.

Przy znacznej liczbie przewodów na słupach dajemy *poprzeczniki* z żelaza korytkowego, np. (60 × 40 × 6 mm), przyciskając je do słupa *obląkiem* z żelaza płaskiego.

Głównie przy wysokim napięciu i krzyżowaniu kolei żelaznych bywają stosowane żelazne słupy kratowe.

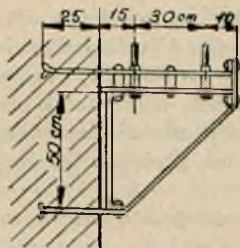
Na ścianach i dachach używamy *wysięgników*, p. rys. 134, kozłów, i stojaków, p. rys. 135, z rur żelaznych średnicy np 76 mm



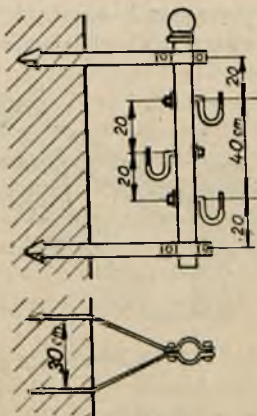
Rys. 133.

a. Słup bliźniaczy.

b. Słup A-owy.



Rys. 134.



Rys. 135.

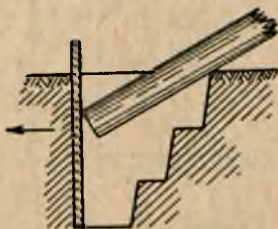
§ 129. MONTAŻ LINII NAWIETRZNEJ.

1. Zaczynamy od wytknięcia przebiegu linii i oznaczenia miejsc na słupy. Patrz „Budowa napowietrznych linii elektrycznych”. Z. Grabowski.

W ogóle wybieramy taki bieg linii, aby koszty urządzenia były jaknajmniejsze. Prowadząc linię napowietrzną ulicą lub drogą zadrzewioną, wybieramy stronę mniej narażoną na wiatry i zwracamy uwagę na to, aby gałęzie drzew nie mogły dosięgnąć przewodów nawet przy najsilniejszym wietrze.

2. Słupy stawiamy bez izolatorów. Dla zabezpieczenia dolnej części słupa, pociągamy ją karbolineum i smarujemy dziegiem na przestrzeni 50 cm powyżej powierzchni ziemi i 50 cm poniżej powierzchni ziemi. Wierzchołek słupa ścinamy na dwie strny lub stożkowo dla ułatwienia ścieku wody deszczowej, wierzchołek ten również pociągamy karbolineum i smarujemy dziegiem.

Zależnie od spójności gruntu zakopujemy słupy co najmniej na głębokość 1,4 do 1,6 m, i nie mniej, niż na głębokość $\frac{1}{8}$ do $\frac{1}{6}$ części całej długości słupa. Dół wykopujemy nie w koło, ale w postaci wąskiego rowka, przy wąskiej ścianie którego ustawiamy słup, aby przylegał do ziemi nienaruszonej; przy zasypywaniu ziemię mocno ubijamy, p. rys. 136.



Rys. 136.

W gruncie lekkim i błotnistym zakładamy u dołu rodzaj rusztowania, w którym umocowujemy słup.

Słupy ciągnięte w jednym kierunku ustawiamy z pewnym pochyleniem w kierunku przeciwnym, pochylenie u wierzchołka może wynosić tyle, co grubość słupa. Również pochyło ustawiamy słupy uszeregowane rzędem i narażone na jednostronne działanie wiatru, np. wtedy, gdy z drugiej strony są one zasłonięte drzewami lub budynkiem, poza tymi wyjątkami nadajemy słupom położenie pionowe.

Słupy stalowe ustawiamy zwykle w fundamencie betonowym. Na 1 część objętości cementu powinno przypadać najwyżej 9 części żwiru z piaskiem albo 4 części piasku i 8 części żwiru, wszystko należy dobrze wymieszać. Beton należy mocno

ubić, szczególnie w rogach żelaza profilowego. Beton twardnieje należycie dopiero po upływie 10 do 12 dni, wcześniej przewodów nie należy zakładać i nie można zdejmować odciążek czy podpór, podtrzymujących słup.

3. Po ustawieniu słupów, zakładamy izolatory, zwracając uwagę na położenie żłobków i zacisków. Następnie naciągamy przewody. Przede wszystkim przewód należy rozwinąć. Przy tym należy z przewodem obchodzić się bardzo ostrożnie, aby nie splątać i nie uszkodzić.

Odwijanie rozpoczynamy od końca zewnętrznego. Jeden z robotników trzyma krąg w rękę przed sobą w położeniu pionowym i powoli obraca, cofając się w tył w kierunku zakładowej linii. Ciężkie przewodniki odwijamy w podobny sposób z toczącego się bębna. Rozciąnąwszy przewodnik po ziemi, wyprężamy go. Miejsca nierówne wyprostowujemy pomiędzy dwoma kawałkami drzewa lub obijamy młotkiem drewnianym.

Po dokładnym obejrzeniu, zakładamy przewodnik na haki izolatorowe lub poprzeczki i, zamocowawszy przy jednym słupie, wyprężamy, chwytając żabką i wielokrążkiem od razu przez kilka przęseł. Przewodnik musimy naciągnąć na odpowiedni naciąg lub odpowiedni zwis. Naciąg mierzymy sprężynowym siłomierzem (dynamometrem), włączając go między żabki i wielokrążki.

Zwis najprościej sprawdzić tyczką, której cała długość równa się odległości miejsca zamocowania przewodu od ziemi. Na tej tyczce, odmierzywszy od wierzchołka wielkość zwisu, wbijamy w odpowiednim miejscu gwoździe. Przykładamy tyczkę do przewodu na środku przęśla i podciągamy przewód aż póki nie dojdzie do wysokości oznaczonej gwoździem.

Po odpowiednim naciągnięciu przewodu przymocowujemy go do izolatorów.

§ 130. OBSŁUGA LINII NAPOWIETRZNYCH.

Rewizję gruntowną robi się zwykle raz do roku, na jesieni. Sprawdzamy zwisy, obmywamy zakurzone izolatory, wymieniamy stłuczone, zakładamy wzamian pękniętych nowe druty wiązałkowe.

Uziemienie przewodów przy prądzie zmiennym możemy łatwo rozpoznać za pomocą słuchawki telefonicznej, której końcówki łączymy z dwoma uziemiaczami w pobliżu słupa, wystarczy wbić w ziemię np. dwie łopaty. Prąd upływu dostaje się do słuchawki i słychać wyraźny dźwięk. Dotykanie słupa stalowego jest niebezpieczne, gdyż nie zawsze mamy pewność dobrego jego uziemienia.

Słupy drewniane po ustawieniu wystarczy sprawdzać co dwa lata w ciągu 10 lat, a potem co roku, najlepiej w jesieni.

Stan ich sprawdzamy, odkopując na głębokość 30 cm i opukując. W razie wątpliwości co do stanu wnętrza, co się ujawnia przez stłumiony odgłos przy opukiwaniu, wywiercamy mały otwór średnicy najwyżej 5 mm. Z trocin wnioskujemy o stanie słupa. Gdy słup — zdrowy, to zabijamy wywiercony otwór kołkiem z twardego drzewa. Wszystkie słupy, których nie wymieniamy, po odkopaniu smarujemy dziegciem na całej powierzchni odkopanej i jeszcze na wysokość 50 cm od ziemi.

Przewody napowietrzne należy rewidować po każdej burzy.

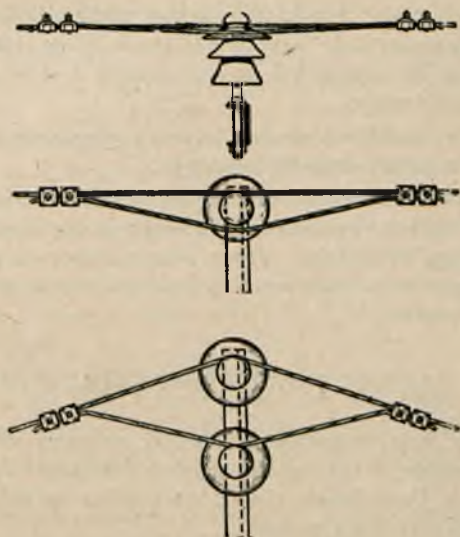
§ 131. URZĄDZENIA OCHRONNE *).

Przewody pod prądem w razie zerwania przedstawiają niebezpieczeństwo w razie dotknięcia i wymagają ochrony. gdy przechodzą na dziedzińcach, drogach itp. Poza tym niebezpieczne jest również zetknięcie przewodów do siły i światła z przewodami telekomunikacyjnymi (telegraf i telefon), prąd wyższego napięcia może tu uszkodzić aparaty i grozi ludziom porażeniem.

Urządzenia ochronne bywają różne:

- a. Podwójne zawieszenie, p. rys. 137; tu ważną jest sprawą, aby na prostych odcinkach toru przewodów po obu stronach zawieszenia szedł po jednej prostej linii.

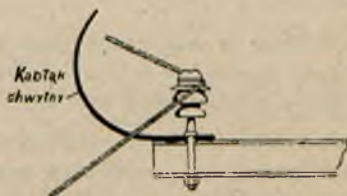
*) Patrz przepisy techniczne na skrzyżowania i zbliżenia linii elektrycznych prądu silnego z innymi liniami elektrycznymi, drogami komunikacyjnymi, osiedlami i lotniskami. (Załącznik B do rozporządzenia Ministra Robót Publicznych z dnia 26 kwietnia 1926 r.).



Rys. 137. Podwójne zawieszenie przewodu.

b. Pałaki ochronne uziemione, p. rys. 138.

c. Wspólny słup na skrzyżowaniu linii.



Rys. 138.

d. W ostateczności, gdy inne środki są zawodne, bywają stosowane siatki ochronne, wykonywane z żelaznych drutów cynkowanych. Druty podłużne, grubości 5 mm, zakładamy na żelaznych wspornikach w odstępach 100 cm

- i wyprężamy, druciki poprzeczne, grubości 1,5 do 2,5 mm, zawieszamy dość luźno w odstępach 30 cm jeden od drugiego. W odstępach 1 do 2 m zamiast drutów zakładamy sztywne pręty.
- e. Dolne przewody można osłaniać zawieszonymi z góry uziemionymi drutami osłonowymi.
 - f. W pewnych wypadkach można obejść się bez urządzeń ochronnych, wyprężając przewody z siłą wynoszącą $\frac{2}{3}$ naciągu normalnego, wtedy zwiększamy zwis półtora raza, aby było mniejsze prawdopodobieństwo zerwania się przewodów.

§ 132. ZASTOSOWANIE KABLI OBOŁOWIONYCH.

1. *Przy prądzie stałym* najczęściej używamy kabli jednożyłowych, mamy w ten sposób zupełną niezależność przewodu (+) od (—). Uszkodzenie nieraz bywa tylko na jednym przewodzie, więc łatwiejsza naprawa.

2. *Przy prądzie zmiennym* należy stosować kable wielożyłowe, aby uniknąć szkodliwych prądów elektrycznych wirowych w płaszczu i szczególnie w panczerzu żelaznym.

Przy prądzie zmiennym bywają stosowane kable jednożyłowe, tylko w wyjątkowych wypadkach, przy odpowiedniej konstrukcji.

3. Kable obołowione *w budynkach* stosujemy tam, gdzie mamy prowadzić dużo przewodów w wąskich przejściach, a poza tym wszędzie, gdzie pomieszczenia są bardzo wilgotne.

4. *Zewnątrz budynków* w ziemi kładziemy kable, zamiast przewodów napowietrznych, ze względu na znacznie mniejsze prawdopodobieństwo uszkodzenia, ze względu na uniknięcie możliwości zetknięcia z przewodami pod napięciem, oraz wygląd ulic, placów itp. Poza tym wielką zaletą kabli obołowionych jest ta okoliczność, że na przewody kablowe nie mają wpływu czynniki atmosferyczne: wiatr, deszcz, śnieg i elektryczność atmosferyczna. Obsługa urządzeń kablowych jest znacznie prostsza od napowietrznych.

§ 133. ZAKOŃCZENIA, ZŁĄCZA I ODGAŁĘZIENIA KABLI.

Kable muszą być dobrze strzeżone od przenikania do ich wnętrza wilgoci; z tego względu zakończenia, złącza i odgałęzienia należy zawsze wykonywać w odpowiedni sposób. Stosowane są tak zwane mufy, czyli skrzynki żeliwne wypełnione izolacyjną masą kablową, którą zalewamy na gorąco. Wewnątrz takiej mufy znajdują się złącza przewodów. Dla umożliwienia założenia tych złącz, mufy są zwykle dzielone na dwie połowy, które po zmontowaniu skręcane są śrubami, tylko mufy końcowe sporządzane bywają w postaci kielicha z pokrywą. Mufy mają różną budowę zależnie od napięcia prądu, na jakie kable są przewidziane.

Są mufy *końcowe*, i *rozgłęźne*.

Jedynie do kabli jednożyłowych o niewielkim przekroju w miejscach zupełnie suchych można używać, zamiast mufy końcowej, uszczelnionych rurek gumowych (tak zw. palców) nie zalanych masą.

W wielkich sieciach kablowych rozgałęzienia sporządza się w dużych skrzyniach żeliwnych zapuszczonych do ziemi z odpowiednimi włączami.

§ 134. MONTAŻ KABLI.

1. Przy układaniu kabli obołowionych należy zawsze pamiętać, że wapno, cement i gnijące tkanki roślinne i zwierzęce nagryzają ołów, a więc powłoka ołowiana od tych czynników musi być skutecznie chroniona.

Poza tym zawsze należy unikać ostrych zgięć o małym promieniu. Najmniejszy dopuszczalny promień krzywizny zgiętego kabla skręconego wielożyłowego wynosi 15-krotną jego grubość, a kabla jednożyłowego 25-krotną jego grubość. Np. kabel asfaltowany o średnicy 40 mm trójżyłowy może być zgięty na łuk, którego promień musi wynosić co najmniej:

$$40 \times 15 = 600 \text{ mm.}$$

2. *Do budynków wciągamy kable bardzo ostrożnie, rozwijając z bębna i podtrzymując go co parę metrów, przeznaczając*

jąc na to odpowiednią liczbę ludzi, gdyż kabel zwykły nie jest wytrzymały na silny naciąg podłużny. Po wciągnięciu do budynku, ostrożnie kabel podnosimy i zamocowujemy we właściwym położeniu.

Kable *opancerzone* taśmą żelazną zakładamy w *budynkach* w dowolnym miejscu, kładąc na podłodze, na półkach, zawieszając na żelaznych lub drewnianych uchwytach. Przy stosowaniu uchwytów żelaznych w miejscach podparcia owijamy kabel papą smołowcową. Uchwyty żelazne powinny obejmować kabel przynajmniej na długości 5 cm.

Kable tylko *asfaltowane*, bez pancerza wymagają większej ostrożności przy układaniu, zawieszamy je na sufitach lub ścianach możliwie wysoko, a co najmniej na wysokości 30 cm od podłogi.

Najbezpieczniej kłaść takie kable na drewnianych półkach, można jednak również zawieszać na drewnianych uchwytach, żelazne uchwytu tu nie nadają się, gdyż mogą się wrzynać w miękką powłokę ołowianą. Uchwyty drewniane powinny obejmować kabel na długość 15 cm. Otwór należy dostosować do grubości kabla, aby go zanadto nie ścisnąć.

Odstęp pomiędzy uchwytami powinien być tym mniejszy, im grubsze są kable, przy kablach cienkich może dochodzić do 3 m, przy grubych $\frac{1}{2}$ do 1 metra. W pomieszczeniach suchych odzież włóknista kabli opancerzonych jest zbyt cenna, a nawet niebezpieczna pod względem pożarowym, należy więc obnażyć pancerz i pociągnąć go lakierem chroniącym od rdzy.

Kable asfaltowane i opancerzone mogą być wpuszczane pod podłogę, oraz zakładane pod tynk i zaprawiane gipsem.

Swobodnie ułożonych kabli nie można zakrywać żadnym materiałem palnym.

Przejścia kabli asfaltowanych nieopancerzonych przez ściany i stropy wykonywamy w rurach żelaznych. W ogóle jednak najlepiej przewidzieć odpowiednio szerokie otwory, w których mogłyby leżeć kable, nie stykając się ani z wapnem ani z cementem.

Gołe kable stosuje się rzadko, przy małych przekrojach w pomieszczeniach zupełnie suchych zakładamy je na ścianach, przytwierdzając klamerkami żelaznymi.

Przy wprowadzeniu podziemnych kabli do budynków i zakładaniu w budynkach, wybieramy miejsce odległe od rur wodociągowych, gazowych lub ogrzewania centralnego, czy kanalizacyjnych. Gdy nie da się uniknąć skrzyżowania, prowadzimy kable pod rurami w odstępnie 30 cm. Od głównych rur gazowych 100 cm. Odstępy pomiędzy rurami a kablami możemy wypełnić cegłami.

3. Na zewnątrz budynków układamy kable wprost w ziemi, jeżeli są opancerzone taśmą żelazną. Kable asfaltowane bez pancerza bywają układane w podziemnych kanałach z rur betonowych, pociągniętych wewnątrz asfaltem.

Układanie kabla opancerzonego *w ziemi* rozpoczynamy od wykopania rowu głębokości 80 cm i szerokości odpowiedniej do liczby układanych obok siebie kabli, ziemię odrzucamy na jedną stronę, na dnie rowu nasypujemy warstwę piasku grubości około 10 cm, obok rowu układamy cegły przewidziane dla osłony kabla.

Następnie rozwijamy kabel z bębna, nie wyprężając i układając linią zlekka falistą. Są dwa sposoby odwijania kabla: 1) toczymy bęben obok rowu, 2) bęben pozostaje w miejscu nieco podniesiony i zawieszony na mocnej, osi żelaznej odpowiednio podparte. Przy odwijaniu kabla bęben obraca się, zlekka hamujemy go drążkami. Przy tym sposobie, rozwijany kabel można kłaść od razu w rowie.

Przy odwijaniu sposobem pierwszym kabel zwykle układa się naprzód obok rowu, a gdy cały kabel jest już rozwinięty, przenosimy go, biorąc na ręce, na dno rowu. Przy układaniu kabli, należy zatrudnić znaczną liczbę ludzi, aby uniknąć nadmiernego ciągnięcia i zginania kabla. Na kablach, dla ułatwienia rozpoznania, dobrze jest dawać co 4 metry ołowiane znaczniki kablowe.

Kilka kabli kładziemy na dnie rowu w odstępach kilkucentymetrowych, np. 10 cm, jeden od drugiego, pomiędzy kable dobrze jest położyć cegły, albo płytki cementowe lub gliniane. Następnie przystępujemy do zasypywania. Po zasypaniu warstwy ziemi 10 cm nad kablem układamy warstwę cegieł na płask i potem zasypujemy rów, ubijając zlekka ziemię. Należy unikać układania kabli podczas mrozu.

Przy przeciąganiu kabla pod ulicą, drogą lub plantem kolejowym, układamy przede wszystkim rury żeliwne, np. kanalizacyjne i przez te rury ostrożnie przeciągamy kabel.

4. Po ułożeniu kabli przystępujemy do *osadzania muf*. Mufę należy zawsze umieszczać tak, aby kabel z obu stron mufy nie był naciągnięty, a zlekka wyginał się.

Końce kabli ucinamy w ten sposób, aby ściętymi powierzchniami przystawały do siebie.

Poszczególne powłoki kabla, otaczające żyłę, stopniowo odejmujemy tak, aby powłoka izolacyjna, ołowiana, jutowa i żelazna utworzyły stopnie po 3 cm długości w każdym. Każdą powłokę owijamy na brzegu drutem wiązalkowym, aby nie rozchodziła się i nie strzępiła. Końce kabli wprowadzamy do wnętrza mufy w pełnej odzieży, przynajmniej na długości 1 cm, p. rys. 139. W wylotach muf owijamy kable dla szczelności taśmą



Rys. 139.

jutową lub papą* i mocno skręcamy śrubami. Końce żył miedzianych dokładnie oczyszczamy benzyną, każdy drucik osobno, cynujemy i skręcamy spowrotem. Następnie końce żył wsadzamy do złączki rurkowej, tak aby zetknęły się w środku złączki, potem wkręcamy śrubki na złączce, końce złączki owijamy taśmą ogniotrwałą tak, aby cyna nie wypływała i lutujemy na kalafonję, zalewając roztopioną cyną*) dopóty, aż nie wypełni wszystkich szparek. Dobrze jest trochę w złączkę popukać. Śrubki jeszcze docisnąć i zwrócić uwagę na to, aby nie wystawały nad powierzchnię złączki. Po ostygnięciu taśmę odwinąć i przekonać się, czy dobrze cyna wypełniła złączkę.

*) Lutowie powinno zawierać co najmniej 40% cyny.

Przewodniki do 4 mm² łączy się złączką rurkową, również lutowaną, ale bez śrubek zaciskowych; na złączki nasuwa się rurki izolacyjne. Następnie mufę starannie oczyszczamy, szczególnie dokładnie usuwając wilgoć.

Sprawdziwszy, czy żyły miedziane nie mają połączenia między sobą lub z kadłubem mufy, przystępujemy do zalewania masą kablową.

Przed zalewaniem masą należy mufę ostrożnie ogrzać, uważając, aby nie uszkodzić kabla. Przy montażu pod gołym niebem zalewanie muf powinno się odbywać pod namiotem. Po przygotowaniu mufy, podgrzewamy masę, ogrzewając naczynie ze wszystkich stron, unikając miejscowego przegrzania. Po ruszeniu się powierzchni, masę trzeba mieszać aż do zupełnego stopienia.

Zalewać należy masą przy dobrej płynności, ale przy niezbyt wysokiej temperaturze.

Przy mufach leżących, przede wszystkim w dolnej części mufy zakładamy w rowku sznur nasycony uszczelniający i, nie kładąc jeszcze pokrywy, nalewamy tyle masy, aby pokryła przewody i płaszcz ołowiany, następnie nakładamy pokrywę i, zlekka przyśrubowawszy, przez odpowiedni otwór wypełniamy całą mufę masą roztopioną. W miarę ostygnięcia masa kurczy się, więc trzeba ją dolewać, otwór przy tym podgrzewać. Przed ostatecznym ostygnięciem mufy należy dobrze dociągnąć wszystkie śruby. Śruby oblać masą dla zabezpieczenia od rdzy. W przerwach pomiędzy poszczególnymi dolewniami, mufę zakryć pokrywką i ścierką, aby ani kurz ani wilgoć nie mogły się tam dostać. Mufy stojące zalewa się w podobny sposób.

Jeżeli mufa ma być *uziemiona*, to wewnątrz mufy na powłokach ołowianych obu końców kabla nawijamy i przylutowujemy kilka zwojów linki miedzianej, dwie te linki następnie wyprowadzamy, przed zalaniem, przez otwory w odpowiednich śrubach. Zewnątrz mufy linki skręcamy i przymocowujemy do uziemiacza — np. płyty ziemnej.

Grubość linek uziemiających należy brać odpowiednio do grubości żył kabla:

Przekrój żyły	Przekrój poszczególnej linki uziemiającej
do 50 mm ²	6 mm ²
powyżej 50 do 100 „	10 „
powyżej 100 „	16 „

Masa raz zalana nie nadaje się do ponownego użytku. Są specjalne przepisy określające, jakie własności masa kablowa powinna posiadać.

Nie można bezwzględnie używać zamiast masy kablowej produktów suchej destylacji węgla np. — paku, nawet w urządzeniach niskiego napięcia. Po ukończeniu napełniania mufy otwór szczelnie zamykamy.

Koniec kabla nie powinien *nigdy pozostawać odsłonięty*. Gdy chcemy pozostawić go nieoprawionym w mufę przez czas krótki np. jedną dobę, to pokrywamy go masą izolacyjną tak zwaną czartertonkompaund i owijamy dobrze taśmą izolacyjną. Gdy swobodny koniec kabla ma pozostać nieoprawiony przez czas długi, to usuwamy końce powłoki ołowianej na długości 1 cm i, zaostrzywszy powłokę izolacyjną, pokrywamy ją masą czartertonkompaund tak, aby zachodziła na powłokę ołowianą przynajmniej na 1 cm. Następnie dajemy owinięcie z taśmy gumowej dla lepkości zwilżonej benzyną, na tym drugie owinięcie zwykłą taśmą izolacyjną, a na to wszystko nasadzamy szczelny napastrzek ołowiany, który przylutowujemy w około do powłoki ołowianej.

5. Przy montażu kabli pożądanym jest sprawdzanie jak najczęstsze *stanu izolacji żył*: przed rozwinięciem z bębnow, przed osadzeniem muf i po zalaniu muf, a w miarę możliwości po zalaniu każdej pojedynczej mufy.

W czasie układania kabli należy *sporządzać plany*, na których musi być podany przebieg kabla, położenie muf oraz skrzyżowań z innymi kablami i rurami.

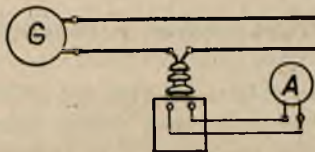
PRZYRZĄDY POMIAROWE.

§ 135. AMPEROMIERZE.

Amperomierze stosowane w urządzeniach elektrycznych bywają najczęściej dwojakiego rodzaju:

1. *Elektromagnetyczne amperomierze*, z ruchomą blaszką żelazną, na prąd stały i zmienny, mają kierunek wychylenia niezależny od kierunku prądu, a więc mogą być włączane dowolnie, tylko tak, aby cały mierzony prąd przepływał przez amperomierz.

Przy prądzie zmiennym wysokiego napięcia lub znacznego natężenia, amperomierz włącza się w obwód za pomocą prądowych transformatorów miernikowych, p. rys. 140.



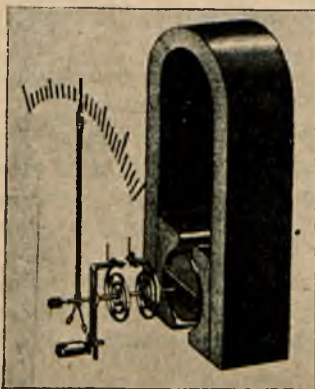
Rys. 140.

Prąd wtórny transformatorów miernikowych wynosi przeważnie 5 A. Dla połączenia amperomierza z transformatorkiem nie należy brać drutu cieńszego od 2,5 mm².

Amperomierz z transformatorkiem ma na skali podane natężenie prądu płynącego w przewodzie sieci połączonym z transformatorkiem.

Skala amperomierzy elektromagnetycznych nie jest zupełnie równa i zaczyna się od $\frac{1}{5}$ czy $\frac{1}{10}$ nominalnego zakresu pomiarowego. W środku skali, w dobrym amperomierzu tego rodzaju błąd pomiaru wynosi około 2%.

2. *Magneto-elektryczne* amperomierze z ruchomą cewką dają odchylenie, które zależy od kierunku prądu, więc nadają się *tylko dla prądu stałego*, w użyciu są dokładniejsze od poprzednich, skalę mają jednostajną, błąd przy pomiarze bywa około 1% pełnego wychylenia, p. rys. 141.

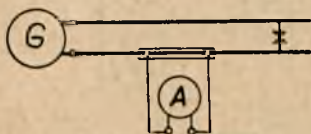


Rys. 141. Amperomierz magneto-elektryczny.

Bywają amperomierze z *zerem pośrodku*, takie używa się np. w obwodzie akumulatorów, wtedy kierunek wychylenia wskazówki wskazuje, czy akumulatory wyładowują się, czy też ładują się.

Na amperomierzach magneto-elektrycznych jest znak (+) na tym zacisku, który należy łączyć z przewodem dodatnim, prowadzącym prąd od źródła. Często amperomierze tego rodzaju zaopatruje się w boczniki, p. rys. 142, montowane osobno. wtedy druty prowadzące od *bocznika* do amperomierza muszą być dostarczone przez wytwórnictwo i nie można ich ani *skracać* ani *sztukować*.

Przy zamawianiu amperomierzy należy zwracać uwagę, aby zakres skali był odpowiedni. Najlepiej brać amperomierz, w którym środek skali odpowiada normalnemu przewidywanemu prądowi. A więc np. jeżeli przewidywany normalny prąd mierzony wynosi 50 A, to działka odpowiadająca 50 A powinna znajdować się na środku skali, lub około $\frac{3}{4}$ skali.



Rys. 142.

Dla odbiorników ulegających krótkotrwałym silnym przeciążeniom: np. dla niektórych silników i pieców elektrycznych łukowych, należy brać amperomierze magnetoelektryczne, w których ostatnia działka skali odpowiada podwójnemu lub potrójnemu prądowi normalnemu i podziałki w końcu skali są skrócone.

§ 136. WOLTOMIERZE.

Woltomierze najczęściej stosowane bywają również dwójakiego rodzaju.

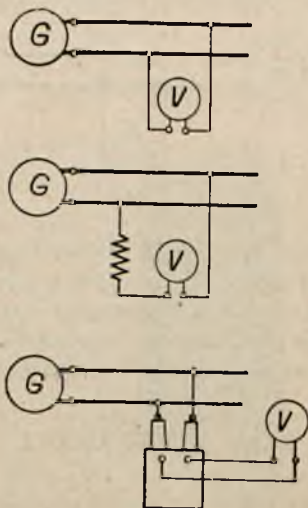
1. *Elektromagnetyczne* z ruchomą blaszką przydatne na prąd stały i zmienny, przyłączane mogą być dowolnie, kierunek wychylenia nie zależy od kierunku prądu. Bywają włączane w trojaki sposób, jak wskazuje rys. 143; transformatorek miernikowy używa się przy wysokich napięciach. Woltomierz z przystosowanym do niego transformatorciem ma na swojej skali liczby, wyrażające napięcie wysokie.

Po stronie wtórnej na samym woltomierzu napięcie zwykle wynosi 100 lub 110 V.

Skala tych woltomierzy nie jest zupełnie równomierna, błąd możliwy w pomiarze około 2%.

2. *Woltomierze magnetoelektryczne* z ruchomą cewką mają zastosowanie tylko do prądu stałego; skala równomierna,

błąd pomiaru około 1%. Często mają one opornik dodatkowy osobno montowany, wtedy skala jest ważna tylko z tym opornikiem. Na jednym zacisku mają znak (+), ten zacisk należy łączyć z dodatnim przewodem sieci. Opornik dodatkowy może być włączony czy na (+) czy na (—) dowolnie.



Rys. 143. Sposoby włączania woltomierza.

Woltomierze zamawiamy zwykle z taką skalą, aby przy pełnym napięciu wskazówka znajdowała się w pobliżu końca skali, np. woltomierz dla normalnego napięcia 220 V ma ostatnią kreskę na 260 V.

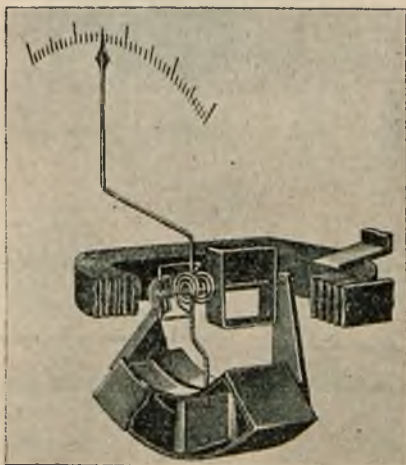
Woltomierze zerowe, używane przy synchronizacji prądnic prądu zmiennego, mają skalę ze znacznie rozsuniętymi działkami na początku, a działkę ostatnią odpowiadającą podwójnemu napięciu normalnemu.

Za pomocą przełącznika woltomierz z łatwością może być stopniowo przyłączany do różnych miejsc sieci.

Przewody do łączenia woltomierza, transformatorka miernikowego i oporów dodatkowych mogą mieć przekrój 1 mm².

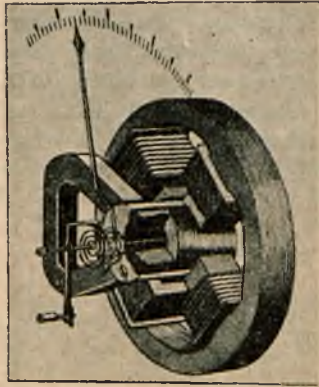
§ 137. WATOMIERZE.

Watomierze stosuje się tylko w sieciach prądu zmiennego, gdzie są silniki elektryczne, gdyż wtedy na podstawie wskazań amperomierza i woltomierza nie można obliczyć mocy. Watomierze bywają z dwoma cewkami, jedną ruchomą, drugą nieruchomą, lub z ruchomym bębniem blaszanym — aluminiowym, mają własności podobne i włączane są jednakowo, p. rys. 144, 145, 146 i 147. W sieci trójfazowej bywają dwa sposoby włączenia, zależnie od tego, czy jest przewód zerowy, p. rys 148, czy go nie ma, p. rys. 149.

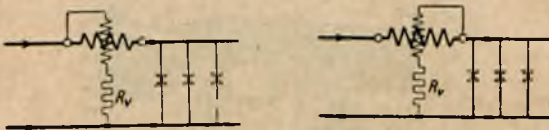


Rys. 144. Watomierz z jedną cewką nieruchomą a drugą ruchomą (elektrodynamiczny).

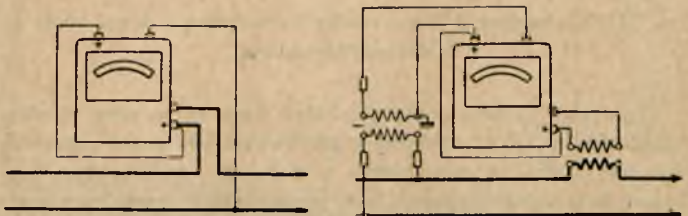
Powyższe układy połączeń służyć mogą tylko przy równym obciążeniu faz. Przy obciążeniu nierównym bez przewodu zerowego stosowane są watomierze z układami mierniczymi, mającymi dwie cewki ruchome, a w urządzeniach z zerowym przewodem z trzema układami mierniczymi na jednej wspólnej osi z jedną wskazówką.



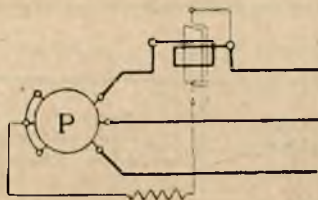
Rys. 145. Watomierz z ruchowym bębnem (indykcyjny).



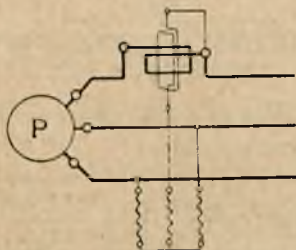
Rys. 146. Schemat teoretyczny włączenia watomierza.



Rys. 147. Schemat montażowy włączenia watomierza.



Rys. 148. Schemat włączenia watomierza do sieci trójfazowej z przewodem zerowym.



Rys. 149. Schemat włączenia watomierza do sieci trójfazowej bez przewodu zerowego.

W powyższych układach bywają również stosowane transformatoriki prądowe i napięciowe.

Przy zamawianiu watomierzy, należy pamiętać, żeby one były przystosowane do napięcia sieci oraz do największego prądu, jaki może się zdarzyć. Skala powinna być tak wybrana, aby najczęściej mierzona moc normalna prądu odpowiadała działce znajdującej się w pobliżu środka skali lub $\frac{3}{4}$ skali.

§ 138. UCHYBY PRZYRZĄDÓW POMIAROWYCH.

W urządzeniach elektrycznych bywają stosowane przyrządy pomiarowe, co do dokładności wskazań, z różnymi uchybami podanymi w tabelce:

	Uchyb
Amperomierze. Woltomierze. Watomierze.	$\pm 2,5\%$ wskazania na końcowej działce skali.
Wskaźniki współczynnika mocy.	± 2 stopnie na skali.
Sprężynkowe częstotściomierze.	1% wskazywanej wielkości.

§ 139. UCHYBY TRANSFORMATORÓW MIERNIKOWYCH.

Transformatoriki prądowe kategorii „1” bywają stosowane z uchybami podanymi w tabelce:

Natężenie prądu	Uchyb	
	w prądzie	w kącie
Od $\frac{1}{10}$ do $\frac{1}{5} J \text{ norm.}$	$\pm 2\%$	—
„ $\frac{1}{5}$ „ $\frac{1}{2}$ „	$\pm 1,5\%$	—
„ $\frac{1}{2}$ „ 1 „	$\pm 1,0\%$	$\pm 60 \text{ min.}$

Poza tym są transformatoriki prądowe z uchybami 2 i 5% nominalnego prądu i nieograniczonymi uchybami kątowymi.

Napięciowe transformatoriki kategorii „1” mają uchyby w napięciu $\pm 1\%$ przy obciążeniu od 0,9 do 1,1 napięcia normalnego, uchyb w kącie 40 min.

Napięciowe transformatoriki, mniej dokładne mają uchyby w napięciu $\pm 2\%$, a w kącie 80 min.

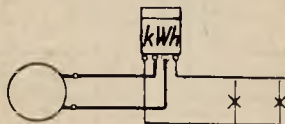
Napięciowe transformatoriki najmniej dokładne mają uchyby w napięciu $\pm 5\%$ przy obciążeniu 0,9 do 1,1 napięcia normalnego i uchyb kątowy nieograniczony.

Dla watomierzy i liczników należy stosować transformatoriki tylko kategorii „1”.

§ 140. LICZNIKI KILOWATOGODZIN.

Obecnie stosowane bywają liczniki różnej konstrukcji.

1. Do prądu stałego — liczniki *elektrodynamiczne*, w których wskazania są uzależnione tak od napięcia prądu, jak od natężenia. Sposób włączenia w obwód wskazany na rys. 150. Używa się do pomiaru pracy prądu w takich okolicznościach, kiedy napięcie prądu zmienia się w dość znacznych granicach, np. dla pomiaru energii oddawanej przez prądnicę w elektrowni.



Rys. 150. Schemat włączenia licznika elektrodynamicznego

2. Do prądu stałego — liczniki *magnetoelektryczne*, w których wskazania zależą tylko od natężenia prądu, a mechanizm liczbowy jest przystosowany do pewnego stałego napięcia. Sposób włączenia wskazany jest na rys. 151. Używa się u odbiorców prądu w mieszkaniach, wytwórniach itp.

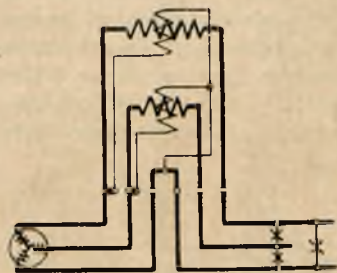


Rys. 151. Schemat włączenia licznika magneto-elektrycznego.

3. Do prądu zmiennego jednofazowego — liczniki indukcyjne dają wskazania zależne od napięcia i natężenia prądu; włącza się jak wskazano na rys. 150. Używa się u odbiorców prądu zmiennego jednofazowego np. w mieszkaniu włączonym na jedną fazę.

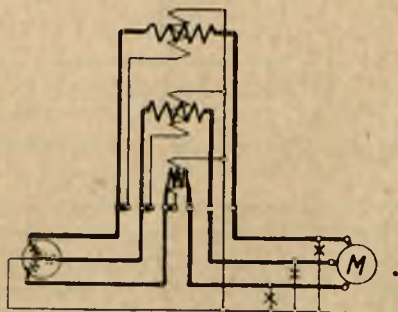
4. Do prądu zmiennego *trójfazowego bez zerowego przewodu* — liczniki indukcyjne z dwiema tarczami wirującymi,

p. rys. 152, wskazują one pracę prądu zależnie od napięcia i prądu we wszystkich fazach, uwzględniają różnicę obciążeń poszczególnych faz.



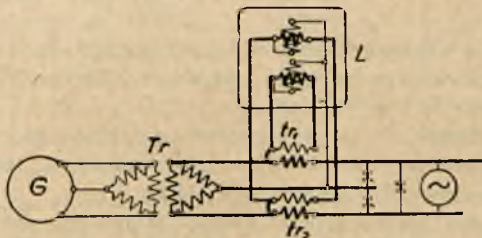
Rys. 152. Schemat połączeń licznika prądu zmiennego trójfazowego bez zerowego przewodu.

5. Do prądu *zmiennego trójfazowego z zerowym przewodem* liczniki — indukcyjne z trzema tarczami wirującymi, p. rys. 153, wskazują pracę prądu, uwzględniając różnicę obciążeń poszczególnych faz.



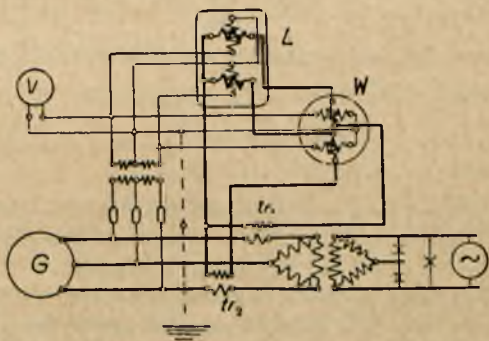
Rys. 153. Schemat połączeń licznika prądu zmiennego trójfazowego z zerowym przewodem.

6. Przy *silnych* prądach i niskich napięciach stosowane są transformatoriki prądowe, patrz układ połączeń rys. 154.



Rys. 154. Schemat połączeń licznika z transformatorami prądowymi.

7. Przy *wysokich* napięciach wprowadzamy transformatoriki do obu obwodów: napięciowego i prądowego; wtedy zwykle te same transformatoriki służą do zasilania woltomierza i watomierza, p. rys. 155.



Rys. 155. Schemat połączeń przyrządów pomiarowych z transformatorami.

8. Odczyty na licznikach przeprowadzamy w sposób następujący. Jeżeli 1 stycznia na liczniku odczytujemy liczbę 4796,

a 1 lutego — 4968, to zużyta w ciągu stycznia praca prądu czyli energia wynosi:

$$4968 - 4796 = 172 \text{ kWh.}$$

Licznik wskazuje zawsze w kilowatogodzinach. Zwracać należy uwagę na przecinek przy okienkach liczbowych i odczytywać cyfry tylko do przecinka.

9. *Liczniki sprawdzamy* za pomocą dokładnego amperomierza, woltomierza i zegarka, lub też watomierza i zegarka, według przepisów Głównego Urzędu Miar.

Dopuszczalne największe *uchyby* są następujące: dla prądu stałego w % pracy odliczonej przez licznik:

$$\pm \Delta = 6 + 0,6 \frac{P_N}{P},$$

dla prądu zmiennego w % pracy odliczonej:

$$\pm \Delta = 6 + 0,4 \frac{P_N}{P} + \left(2 + 0,4 \frac{J_N}{J} \right) \cdot \text{tg } \varphi.$$

dla liczników do sieci wyłącznie oświetleniowych i grzejnych:

$$\pm \Delta = 6 + 0,4 \frac{P_N}{P}$$

Gdzie P_N — moc nominalna dla licznika, P — moc obciążenia, J_N — prąd nominalny, J — prąd obciążenia, φ — kąt przesunięcia faz pomiędzy napięciem a prądem.

Dla otrzymania możliwie dokładnego odczytu na licznikach, należy dla światła brać liczniki na prąd nominalny wynoszący 80% sumy prądów wszystkich włączonych lamp. Dla siły, gdy jest dużo małych silników, również można wziąć licznik na prąd nominalny nieco mniejszy od sumy prądów wszystkich silników, natomiast licznik dla poszczególnego silnika, należy brać na prąd nominalny nieco większy od znamionowego prądu silnika ze względu na możliwe przeciążenie.

10. *Wadliwe działanie* licznika może wynikać:

1. skutkiem zmniejszenia się siły magnesów stałych,
2. wskutek przerwy przewodnika,
3. uszkodzenia izolacji,
4. pęknięcia lub skrzywienia się płyty podstawowej,
5. wskutek zanieczyszczenia komutatora, łożysk lub przekładni ślimakowej, czy mechanizmu liczbowego,
6. wskutek pęknięcia kamienia łożyskowego lub
7. nieprawidłowego połączenia.

Mechanizm licznika czyścimy pędzelkiem włosianym i przemywamy benzyną, komutator wycieramy taśmą bawełnianą, oczyszczamy pędzelkiem zwilżonym w eterze i powtórnie wycieramy taśmą. Szmerglować komutatora nie można. Łożyska po starannym przemyciu w benzynie zwilżamy płynnym olejem mineralnym.

Liczniki zawieszać należy na odpowiednich tabliczkach w pomieszczeniach suchych, niezbyt gorących, o możliwie stałej temperaturze. Liczniki należy zabezpieczać od kurzu i wstrząśnień — zawieszać zdaleka od drzwi.

Przewody do licznika należy doprowadzać w ten sposób, aby odgałęzienia przed licznikiem były uniemożliwione, lub łatwe do rozpoznania.

§ 141. WSKAŹNIK SPÓŁCZYNNIKA MOCY.

Spółczynnik mocy czyli $\cos \varphi$ wskazują przyrządy sporządzone na zasadzie podobnej, jak watomierze; włączane są w ten sam sposób, mają skalę na dwie strony od jedynki w dziesiętnych ułamkach. Liczby w jedną stronę odpowiadają prądowi opóźniającemu się w fazie, względem napięcia i są nieraz oznaczone znakiem „ind”, a po drugiej stronie odpowiadają prądowi wyprzedzającemu w fazie napięcie i są oznaczone znakiem „cap”.

§ 142. WSKAŹNIK CZĘSTOTLIWOŚCI.

Te przyrządy mają elektromagnes, działający na sprężynki drgające z różną częstotliwością; ta sprężynka drga najmocniej, której częstotliwość drgań własnych jest równa częstotliwości

zmian prądu; jeżeli drgają jednakowo dwie sprężynki obok, to częstotliwość zmian prądu jest pośrednia.

Jeżeli mają być porównywane częstotliwości dwóch prądów, to na jednym przyrządzie są umieszczone obok siebie dwa szeregi sprężynek.

§ 143. MONTAŻ PRYZRĄDÓW POMIAROWYCH.

Przy montażu wszelkich przyrządów pomiarowych należy zwracać uwagę na ściśle trzymanie się schematu połączeń zacisków przyrządu ze źródłami prądu i odbiornikami; należy odróżnić przewody idące z elektrowni czy z transformatorów od przewodów prowadzących do odbiorników, tak przy prądzie zmiennym, jak przy prądzie stałym. Szczególnie dotyczy to watomierzy i liczników kilowatogodzin i transformatorów miernikowych do powyższych przyrządów.

Należy unikać bardzo bliskiego sąsiedztwa pomiarowych przyrządów, szczególnie, gdy są one elektrodynamiczne bez rdzeni żelaznych.

Należy również unikać umieszczania przyrządów pomiarowych w pobliżu przewodników prowadzących bardzo silne prądy, szczególnie, gdy chodzi o przyrządy elektrodynamiczne.

Dla uniknięcia wpływu silnych prądów można przewody prowadzące te prądy, umieszczać tak, aby przewody, prowadzące prądy przeciwnych kierunków, znajdowały się jak najbliżej siebie.

Umieszczając przyrządy pomiarowe, należy je chronić od wysokiej temperatury otoczenia, od kurzu i wstrząśnień.

Przed połączeniem, zaciski i końcówki przewodników należy bardzo dokładnie oczyścić, a potem śrubki starannie *dociśnąć*. Wszystkie powyższe ostrożności są niezbędne, dla zapewnienia odpowiedniej dokładności wskazań przyrządów pomiarowych.

Przyrządy pomiarowe należy umieszczać zawsze w takim położeniu, w jakim one były cechowane.

Przed transformatorami napięciowymi należy ze strony wysokiego napięcia dawać *bezpieczniki* 2-amperowe, a pomię-

dzy bezpiecznikami a transformatorkami *opory* ograniczające prąd zwarcia.

Na niskim napięciu należy włączać bezpieczniki, jak najbliżej do transformatora.

Należy *zwierać* wtórne uzwojenia *transformatorów prądowych* przed rozłączeniem lub odłączeniem wtórnego obwodu.

Obwody wtórne transformatorów należy uziemiać.

WARSZTATY MECHANICZNE
JAN LAZAREK

ŁĄCZNIKI.

§ 144. ODŁĄCZNIKI, WYŁĄCZNIKI I PRZEŁĄCZNIKI.

1. *Odlączniki* — mają na celu odłączanie obwodów bez prądu lub pod prądem bardzo słabym; zwykle używane bywają przy wysokim napięciu. Odlączniki zawsze dajemy na wszystkie bieguny.

2. *Wyłączniki* czyli przerywacze bywają *drążkowe* w kształcie noży wciskanych w sprężyste szczęki kontaktowe, *pokrętne*, przestawiane za pomocą ruchu obrotowego, *przyciskowe* — przestawiane przez przyciskanie, *przerzutowe* — przestawiane za pomocą małej rączki. Specjalne konstrukcje przeważnie do wysokiego napięcia: *olejowe* z gaszeniem łuku w oleju, *powietrzne* z gaszeniem łuku sprężonym powietrzem i *ekspancyjne*, gdzie łuk gasi się przy rozprężaniu par odpowiedniej cieczy.

W zależności od ilości biegunów, w których następuje przerwa prądu, wyłączniki dzielą się na jednobiegunowe, dwu- i trójbiegunowe.

3. *Przełączniki* czyli komutatory mają za zadanie zmianę połączeń.

4. Wszystkie łączniki są budowane na określone *natężenie prądu i określone napięcie* prądu w sieci; na ogół w pewnych granicach można wyłączniki przy różnych napięciach stosować na te same woltoampery, na przykład są wyłączniki pokrętne do 250 V na 10; 25; 35 i 60 A, te same wyłączniki można stosować do 500 V na 4; 6; 15 i 25 A.

Wymiary łączników muszą być takie, aby skutecznie przerywał się łuk powstający przy przerywaniu prądu. Dla orientacji

podają kilka liczb wyrażających długość łuku w cm, powstającego przy prądzie stałym przy przerywaniu obwodu, praktycznie bez samoindukcji w zależności od napięcia i prądu.

Prąd w A	Napięcie w V		
	220	440	1500
25	1 cm	3 cm	18 cm
50	1,5 „	5 „	20 „
100	2 „	7 „	35 „
200	4 „	10 „	50 „
500	6 „	20 „	100 „
1000	10 „	35 „	150 „

Np. przy prądzie 50 A i napięciu 440 V długość łuku wynosi 5 cm.

5. Dla dobrego działania wyłączników, najważniejszą sprawą jest *utrzymanie temperatury kontaktów* poniżej 50⁰ C (przyklepiony kawałek wosku nie powinien topić się); w tym celu konieczne jest utrzymanie w czystości powierzchni kontaktowych i zachowanie odpowiedniej siły nacisku. Szczególnie ważne jest zabezpieczenie kontaktowej powierzchni od utleniania. W tym celu można kontakty zlekka posmarować olejem lub wazeliną.

Dobłą wskazówką właściwego kontaktu na wyłącznikach, poza temperaturą styku, jest spadek napięcia na styku. Na dobrym styku spadek napięcia wyraża się wzorem:

$$u = 0.3 \frac{J}{P}$$

u — spadek napięcia w miliwoltach (tysięczne części wolta).
 J — natężenie prądu w amperach, P — całe ciśnienie na powierzchni kontaktowej w kg.

Poza tym są następujące dane z praktyki: kontakty szczotkowe w powietrzu i w oleju muszą być dociśnięte z siłą 25 g na 1 A prądu, kontakty klockowe do 300 A — tak samo 25 g na 1 A; na większe prądy potrzebna siła większa; w każdym razie całe ciśnienie na styk nie może być mniejsze od 150 g, wyjątkowo tylko pomocnicze styki z metali szlachetnych mogą być naciskane siłą mniejszą, najmniej jednak 50 g.

Powierzchnie kontaktowe wyłączników na znaczne prądy należy co pewien czas czyścić, wygładzać i smarować.

Należy unikać przeciągania płótna szmerglowego pod łapkami kontaktowymi składającymi się z blaszek, między które dostaje się pył szmerglowy i zmniejsza własności sprężynujące łapki.

Wyłącznik, znajdujący się przez dłuższy czas stale w stanie zamkniętym, należy od czasu do czasu, gdy prądu nie ma lub jest bardzo mały, kilka razy otworzyć i znowu zamknąć, dla usunięcia z powierzchni warstwy tlenków metalu i polepszenia w ten sposób kontaktu.

Pamiętać również należy o sprawdzeniu czystości i należytego docisku w kontaktach śrubowych przewodów doprowadzających prąd do wyłączników.

6. Ważna jest również *dobra izolacja*, uszkodzenia rzadko się zdarzają, natomiast częściej przeskoki między biegunami lub do ziemi, przeto odległości między częściami metalowymi różnych biegunów i między nimi a częściami uziemionymi muszą być zachowane odpowiednio, szczególnie w tych miejscach, gdzie powierzchnia izolacji może ulegać zanieczyszczeniu. W takich miejscach należy co pewien czas powierzchnię izolacji oczyszczać przez wydmuchiwanie kurzu i ścieranie płócienną ściereczką.

7. Wyłączniki, przerywające obwód uzwojenia dużych *elektromagnesów*, dla uniknięcia wysokiego napięcia samoindukcji, muszą być zaopatrywane w kontakty pomocnicze włączające, przed odłączeniem sieci oporniki bezindukcyjne równolegle do uzwojenia elektromagnesu.

8. W wyłącznikach olejowych używamy specjalnego oleju do ich napełniania. Od czasu do czasu sprawdzamy jego poziom i np. raz do roku zmieniamy.

9. Przy wysokim napięciu ważne jest, aby wyłącznik wyłączał od razu wszystkie bieguny; możemy to sprawdzić, włączając go na próbę na niskie napięcie do obwodu lampek żarowych.

10. *Odlączników* nie można wyłączać pod prądem, szczególnie przy wysokich napięciach, gdyż powstające łuki unoszone przez prądy powietrza, mogą spowodować zwarcie międzybiegunowe lub doziemne; są jednak sporządzane takie odłączniki, za pomocą których można np. przerywać jałowy prąd niezbyt wielkich transformatorów przy napięciach poniżej 100 kV, przy wyższych napięciach przerywanie prądu jałowego stosuje się wyjątkowo.

§ 145. GNIAZDA WTYCZKOWE I WTYCZKI.

1. Do przyłączania odbiorników przenośnych służą umocowane na ścianie *gniazda wtyczkowe*. Miejsca przyłączenia przewodów ruchomych lub przenośnych *nie powinny być narażone na ciągnięcie*.

W celu zabezpieczenia przed możliwością dotknięcia części doprowadzających napięcie lub przed możliwością jednobiegunowego wprowadzenia wtyczki, stosuje się specjalne okapturzenie gniazda, p. rys. 156.



a.



b.

Rys. 156. Zabezpieczenie gniazda: a) dobre, b) złe.

WYDZIAŁ KIBOHA
JAN LAZAREK

Wtyczka może służyć do włączania i wyłączania tylko takich odbiorników, których moc nie przekracza 2000 W, napięcie nie jest wyższe od 250 V, a natężenie prądu od 20 A. We wszystkich innych przypadkach muszą być przewidziane oddzielne wyłączniki.

2. Przy montowaniu najważniejszą jest sprawą, aby śrubki kontaktowe przyciskające przewodniki w gniazdku i we wtyczce, były *dobrze dociśnięte*, a kontakty czyste, oraz żeby kołeczki wtyczki dobrze *stykały* się z rurkami gniazdka, i były możliwie na jak największej powierzchni dobrze dociśnięte.

Dla przedłużania ruchomych przewodników używane bywają ruchome gniazdko, tu także trzeba szczególnie zwracać uwagę na dobre styki, zły styk *grzeje się* i może spowodować pożar.

§ 146. WYŁĄCZNIKI SAMOCZYNNNE.

1. Wyłączniki samoczynne zwykle zamykane są ręcznie, natomiast otwierać można wprawdzie również ręcznie, lecz poza tym otwierają się one samoczynnie, pod wpływem prądu w różnych okolicznościach, zależnie od ustroju urządzenia samoczynnego.

2. Wyłączniki *zanikowe* napięciowe przerywają prąd w razie zaniku napięcia; bywają stosowane, gdy chodzi o zabezpieczenie urządzenia, np. silnika, od raptownego niespodziewanego powrotu napięcia, gdyż wtedy prąd może uszkodzić urządzenie nieprzygotowane do rozruchu.

Takie wyłączniki muszą pozostawać w stanie zamkniętym pomimo, że napięcie spadnie do 70% i powinny wyłączać, gdy napięcie wynosić będzie tylko 35% napięcia normalnego.

3. Wyłączniki *zanikowe* prądowe wyłączają, gdy natężenie prądu zmniejszy się poniżej pewnej granicy, bywają stosowane przy równoległym połączeniu kilku prądnic prądu stałego.

4. Wyłączniki *wsteczne* wyłączające przy zmianie kierunku przepływu energii, bywają stosowane przy równoległym połączeniu kilku prądnic prądu zmiennego.

5. Wyłączniki *nadmiarowe* wyłączają przy nadmiernym prądzie.

6. Poza tym bywają różne kombinacje, np. wyłączniki *nadmiarowo-wsteczne* itp.

7. Każdy z powyższych wyłączników może być urządzony z regulacją na czas, tak, aby wyłączał dopiero po upływie pewnego czasu od chwili zaniku napięcia, nadmiaru prądu itp.

8. Są wreszcie wyłączniki działające tylko w zależności od czasu włączenia (np. dla oświetlenia klatki schodowej str. 163).

9. Przy *montażu i obsłudze* wszystkich wyłączników tego rodzaju należy zwracać uwagę na dobry stan styków, odpowiedni naciąg wszystkich sprężynek i ustawienie mechanizmu czasowego.

Jeżeli w urządzeniu mamy szereg wyłączników nadmiarowych połączonych ze sobą szeregowo, to im bliżej elektrowni wyłącznik się znajduje, na tym dłuższy czas musi być nastawiony. Każdy wyłącznik jest sporządzony na określone napięcie i prąd oraz czas wyłączania z regulacją w pewnych granicach.

Wyłącznik musi być tak zbudowany, aby łuk powstający przy jego działaniu nie mógł nic zapalić lub uszkodzić, a w szczególności nie był niebezpieczny dla osoby obsługującej lub montującej sąsiednie przyrządy.

Pod żadnym pozorem nie wolno przywiązywać kontaktów i w ogóle „zabezpieczać wyłączniki od wyskakiwania”.

Samoczynne wyłączniki nadmiarowe mogą zastępować bezpieczniki topliwe.

Przy wysokich napięciach i silnych prądach zamiast bezpieczników topliwych zawsze stosuje się wyłączniki maksymalne, włączane według tych samych zasad.

10. Należy dokładnie sprawdzić działanie wyłącznika olejowego przed podniesieniem kadzi wyłącznika.

Przed napełnieniem kadzi wyłączników olejowych należy *dobrze oczyścić* ściereczką płócienną wszystkie części izolacyjne, przeznaczone do pogrążenia w oleju, unikając pozostawienia na ich powierzchni drobnych włókienek z tkaniny. Jeżeli są części izolacyjne z twardego papieru olej nie może mieć temperatury wyższej od 40°. Każdą należy *dobrze przesuszyć* gorącym powietrzem.

11. Uważać, aby szyny doprowadzone do wyłącznika olejowego *nie wywierały* jakichkolwiek naciągów na przewodniki, wychodzące z izolatorów przepustowych.

12. W ruchu należy od czasu do czasu kadź wyłącznika opuszczać i *oczyszczać części izolacyjne*, szczególnie po samoczynnym wyłączeniu pod silnym prądem.

Obecność osadów łatwo stwierdzić, ścierając części izolacyjne białą bibułą.

Przynajmniej raz do roku olej należy spuścić i przefiltrować, przed nalaniem olej należy sprawdzić na wytrzymałość na przebicie.

13. *Wyłączniki olejowe* narażone są na rozsądzenie kadzi olejowej w następujących przypadkach:

- a) łuk, powstający przy przerywaniach prądu trwa za długo i przez to powstaje zbyt wiele par o znacznym ciśnieniu,
- b) jeżeli w kadzi nad olejem jest powietrze i kontakty są zbyt płytko pograżone pod poziomem oleju, to wydzielające się pary mogą utworzyć mieszaninę wybuchową.

14. W wyłącznikach olejowych na bardzo znaczne prądy przy niewłaściwej budowie styków, zdarzyć się może, że po zamknięciu wyłącznik samoczynnie otwiera się skutkiem znacznych sił elektrodynamicznych, działających przy dużych prądach na ruchomą część wyłącznika.

15. W wyłącznikach bywają wmontowane opory pomocnicze, przez które włącza się początkowo obwód, jeżeli zbyt długo taki opór pozostanie pod prądem, to się spali i może wywołać wybuch.

16. Wyłączniki olejowe muszą być takich wymiarów, aby były w stanie przerwać obwód urządzenia elektrycznego w razie zwarcia.

BEZPIECZNIKI.

§ 147. PRZEZNACZENIE BEZPIECZNIKÓW.

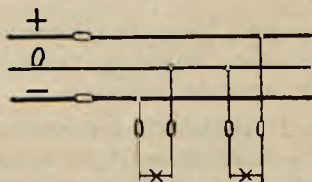
Bezpieczniki, podobnie jak samoczynne wyłączniki nadmiarowe, ochraniają prądnice, odbiorniki i przewodniki od nadmiernych prądów.

§ 148. ROZMIESZCZENIE BEZPIECZNIKÓW.

Rozmieszczenie bezpieczników należy stosować według zasad następujących:

1. Obwody *dwuprzewodowe* przy prądzie stałym i jednofazowym, oraz obwody trójprzewodowe trójfazowe należy zabezpieczać na *wszystkich* biegunach dla uniknięcia omijania bezpiecznika przez prąd zwarcia w razie uziemień.

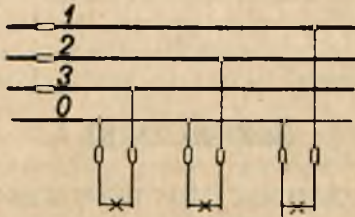
2. Nie należy stawiać bezpieczników na zerowym przewodzie w liniach trójprzewodowych prądu stałego, p. rys. 157



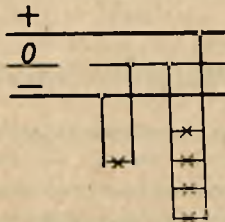
Rys. 157.

i czteroprzewodowych prądu trójfazowego, p. rys. 158, gdyż przepalenie się bezpiecznika na zerowym przewodzie może tu wywo-

łać znaczną zwyżkę napięcia na poszczególnych grupach lamp, p. rys. 159, szczególnie, gdy zerowy przewód zewrze się z jednym z przewodów fazowych (+) lub (—).



Rys. 158.



Rys. 159.

Natomiast dwuprzewodowe odgałężenia muszą być zabezpieczone na obu biegunach, rys. 157 i 158.

3. Nie zabezpieczamy przewodów, które wychodząc z elektrowni, idą w sieci, jako uziemione, zabezpiecza się jednak odgałężane od nich przewody izolowane.

4. W elektrowni bezpieczniki umieszczone na tablicy zabezpieczają prądnice i akumulatory; nie zabezpieczamy obwodów uzwojeń bocznikowych prądnic i obwodów woltomierzowych, stawiamy jednak bezpieczniki przed napięciowymi transformatorami przy wysokim napięciu.

Bezpieczniki muszą być umieszczone pomiędzy źródłem prądu a wyłącznikiem.

5. W sieci stawiamy bezpieczniki wszędzie, gdzie przekrój przewodów w kierunku od źródła prądu do odbiornika się *zmniejsza*, z wyjątkiem tych przypadków, gdy poprzednie bezpieczniki chronią najmniejszy przekrój. Tak np. bezpieczniki na 6 A zabezpieczają dostatecznie obwody rozgałęzione do lamp i innych odbiorników nieruchomych lub zawieszonych np. na zwieszakach. Jeżeli grupa nieruchomo zawieszonych lamp ma tylko żarówki wieloświecowe w oprawkach goliatowych, to jedynie na początku takiego rozgałęzionego obwodu stawiamy 15 A bezpieczniki, dostosowując do tego liczbę lamp w grupie.

6. Należy umieszczać bezpieczniki w gniazdkach wtyczkowych, dla wszystkich przewodów *ruchomych* np. do lamp przenośnych itp.

7. *Transformator*ki przyłączone do obwodu zabezpieczonego 6 A bezpiecznikiem zabezpieczamy po stronie niskiego napięcia. Dla transformatorów dzwonkowych dajemy bezpieczniki *najwyżej* 2 A.

8. *Przy zmianie przekroju* na rozgałęzieniu bezpiecznik na cieńszym przewodzie musi się znajdować w odległości od rozgałęzienia *nie większej od 1 m*. Jeżeli miejscowe warunki na to nie pozwalają, to kawałek przewodu do bezpiecznika powinien mieć ten sam przekrój co główny. W wyjątkowych przypadkach powyższa odległość może dochodzić do 4 m, jednak pod następującymi warunkami:

- a) przewodnik odgałęziony bez zabezpieczenia nie może się nigdzie stykać z materiałami zapalnymi,
- b) nie może być wielożyłowy,
- c) przekrój przewodów odgałęzionych nie powinien być mniejszy od przekroju przewodów głównych więcej, niż o trzy stopnie normalnej skali przekrojów. Np. od 50 mm² można odgałęzić 16 mm²; od 35 mm² — 10 mm²; od 25 mm² — 6 mm² itp.
- d) taki niezabezpieczony przewodnik musi mieć w każdym razie przekrój przynajmniej 6 mm².

9. W bezpiecznikach wkrętkowych należy przewód zabezpieczony łączyć z gwintem; a przewód prąd doprowadzający z pieńkiem (podstawą, szyną).

10. Nominalne prądy bezpieczników, zabezpieczających odpowiednie przewody, podane są w tablicach obciążenia przekrojów przewodników prądem.

11. Przepisy budowy i ruchu przewidują, że *zastrzeżenia* dotyczące miejsca umieszczenia bezpieczników *nie dotyczą* przewodów napowietrznych, kabli ziemnych i przewodów urządzeń rozdzielczych w pomieszczeniach ruchu elektrycznego.

12. Bezpiecznikami zabezpieczamy również silniki, umieszczając je za wyłącznikiem. Wielkość bezpiecznika bierzemy taką, żeby 1,75 prądu nominalnego bezpiecznika wynosiło mniej więcej tyle, co prąd rozruchu. Lepsze jednak zabezpieczenie zapewniają wyłączniki samoczynne nadmiarowo-czasowe.

§ 149. USTRÓJ BEZPIECZNIKÓW.

Bezpieczniki bywają wkrętkowe (korkowe) i paskowe. Według nowych przepisów wkładki topikowe powinny mieć następujące własności.

Przy obciążeniu prądem 2,75-krotnym prądu nominalnego stopki mają się przepalić w następujących okresach czasu:

Nominalne natężenie prądu w A	Czas przepalania się w sek.
do 25	do 10
od 35 do 60	„ 20
„ 80 „ 100	„ 40
„ 125 „ 200	„ 80

Stopki mają wytrzymywać następujące obciążenie bez przepalenia się:

Nominalne natężenie prądu w A	Czas trwania obciążenia w godzinach	Obciążenie większe od nominalnego razy
od 2 do 10	1	1,5
„ 15 „ 25	1	1,4
„ 35 „ 60	1	1,3
„ 80 „ 200	2	1,3

Stopki mają bezwarunkowo przepalać się przy następujących obciążeniach:

Nominalne natężenie prądu w A	Czas trwania obciążenia w godzinach	Obciążenie większe od nominalnego razy
2 i 4	1	2,1
6 i 10	1	1,9
od 15 do 25	1	1,8
„ 35 „ 60	1	1,6
„ 80 „ 200	2	1,6

Na natężania prądu od 6 A do 100 A przy napięciach do 500 V stopki muszą być niezamiennie przez inne o wyższym amperażu. Stopki paskowych otwartych na 6 do 100 A używać nie wolno, nie wolno również używać bezpieczników z gwintem „mignon”. W bezpiecznikach na wysokie napięcie szczególnie należy zwracać uwagę na to, aby pary powstające przy stąpieniu się nie spowodowały zwarcia.

Wkładki topikowe używane do bezpieczników

Nominalne natężenie prądu	Liczba drucików	Średnica drucików	Materiał
1	1	0,3	ołów
2	1	0,3	
6	1	0,3	miedź lub srebro
10	1	0,4	
15	1	0,55	
20	1	0,6	
25	1	0,7	
30	1	0,75	
50	2	0,75	
75	3	0,75	
100	4	0,75	
150	6	0,75	
200	8	0,75	

§ 150. OBSŁUGA BEZPIECZNIKÓW.

Należy sprawdzać od czasu do czasu, czy bezpieczniki nie grzeją się nadmiernie. Powodem takiego grzania się jest zwykle utlenianie się kontaktów lub obluzowanie śrubek. Należy stopkę wyjąć i kontakty dokładnie oczyścić papierem szmerglowym, a śrubki dobrze dokręcić. W razie stopienia się bezpiecznika, zamieniamy pasek lub korek na nowy, czynimy to jednak bardzo ostrożnie, bo może się zaraz znowu stopić. Jeżeli po włożeniu zaraz się stapia, to szukamy zwarcia w sieci. Przede

wszystkim oglądamy całą sieć, a szczególnie te miejsca sieci, gdzie w tym czasie dokonywane były jakieś roboty, czy to elektrotechniczne, czy też w ogóle budowlane, odłączamy stopniowo wszystkie odbiorniki ruchome, potem nieruchome wreszcie poszczególne gałęzie sieci.

Pod żadnym pozorem nie wolno zakładać silniejszych stoppek, a tym bardziej kawałków drutu, albo jakichkolwiek przedmiotów metalowych.

Przepisy przestrzegają przed używaniem korków (stopek) bezpiecznikowych naprawianych.

OCHRONA OD PRZEPIĘĆ I PRZETĘŻEŃ

§ 151. PRZEZNACZENIE OCHRONNIKÓW PRZEPIĘCIOWYCH.

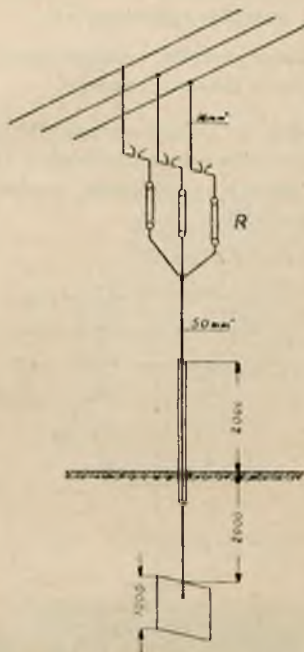
W sieciach elektrycznych napowietrznych mogą powstać *wysokie napięcia względem ziemi*, pod wpływem elektryczności *atmosferycznej*.

We wszystkich sieciach mogą poza tym powstać między przewodami, napięcia znacznie przewyższające napięcie robocze, skutkiem wyładowania energii zawartej w polach magnetycznych i elektrycznych. Nadmierne napięcia, czyli tak zwane *przepięcia* powodują często przebicie izolacji przewodów lub uzwojeń w maszynach, wytwarzając zwarcie między biegunami lub z ziemią.

Zabezpieczenie od działania prądów nadmiernego napięcia stanowią, tak zwane ochronniki przepięciowe, które przepuszczają te prądy po krótkiej drodze i unieszkodliwiają je.

§ 152. USTRÓJ OCHRONY OD PRZEPIĘĆ.

Z różnych urządzeń ochrony przepięciowej bywają stosowane różki utworzone z dwóch wygiętych prętów miedzianych, z których jeden jest połączony z ziemią przez oporniki R , p. rys. 159a.



Rys. 159a. Ochronnik różkowy.

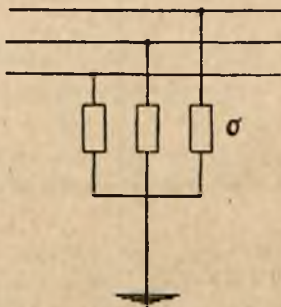
Odległość w najwęższym miejscu pomiędzy różkami wewnątrz budynków, dajemy conajmniej 3 mm, a pod gołym niebem conajmniej 8 mm, mając na względzie uniknięcie przypadkowego połączenia. Poza tym odległość tą przystosowujemy do napięcia roboczego prądu po 1 mm na każde 1000 V, więc np. na 15000 V szczelina między różkami musi wynosić conajmniej 15 mm.

Wewnątrz budynków wokoło różków należy pozostawić wolną przestrzeń dla łuku świetlnego, powstającego między różkami przy działaniu ochronnika, przynajmniej nad różkami — 100 cm, a po obu stronach 40 cm, pomiędzy różkami różnych biegunów — 80 cm.

Otoczenie należy zabezpieczyć od ognia łuków za pomocą przegródek, osłon i daszków ogniotrwałych.

W ogóle odległości powyżej podane bierzemy tym większe, im wyższe jest napięcie prądu roboczego.

Obecnie wchodzi w użycie ochronniki przepięciowe tak zwane *jonizacyjne* katodowe czyli zaworowe, które mają tę własność, że ich opór maleje ze wzrostem napięcia. Włącza się je jak wskazano na rys. 160.



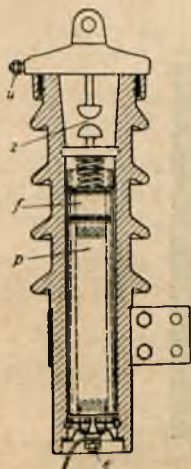
Rys. 160. Włączenie ochronników.

Ochronniki niskiego napięcia do 500 V zawierają iskiernik płytkowy, za którym szeregowo jest włączony opornik takiej budowy, że jego opór maleje ze wzrostem napięcia.

Ochronniki wysokiego napięcia mają wstępny iskiernik kulowy, następnie w szereg połączony wielokrotny iskiernik płytkowy i dalej opornik odpowiedniej wielkości, o malejącym oporze w miarę wzrostu napięcia, p. rys. 161. Normalne wielkości ochronników są na 3, 6, 15, 30 kV napięcia prądu roboczego.

Ochronniki ograniczają nadmierne napięcia prądów przepięciowych. Dla zabezpieczenia od bezpośredniego uderzenia piorunu w pobliżu ochronnika, należy przed ochronnikiem nad

przewodami zawieszając linkę uziemioną na przestrzeni kilkuset metrów.



- u* — zacisk dla przyłączenia drutu prowadzącego do przewodu
- z* — iskiernik kulowy
- f* — iskiernik płytkowy
- p* — opór jonizacyjny
- e* — zacisk dla przyłączenia przewodu uziemiającego.

Rys. 161. Ochronnik zaworowy.



Rys. 162. Ochronniki fir. K. Szpotański na 3 — 6 i 15 kV.

Na fotogr. rys. 162 mamy trzy ochronniki zaworowe, wysokiego napięcia od 3 do 15 kV, na rys. 163 ochronnik 500-woltowy.



Rys. 163. Ochronniki fir. K. Szpotański na 500 V.

Urządzenia przepięciowe należy oglądać po każdej burzy lub w ogóle po stwierdzonym przeskoku. Rożki należy wygładzić i oczyścić, sprawdzić i podociągnąć styki szczególnie na lince uziemiającej. Sprawdzić stan oporników.

§ 153. ROZMIESZCZENIE OCHRONNIKÓW PRZEPIĘCIOWYCH.

Ochronniki zakładamy na wszystkich biegunach za wyjątkiem uziemionych, na następujących miejscach:

1. gdzie sieć napowietrzna wychodzi z budynku elektrowni albo podstacji,
2. gdzie przewód napowietrzny łączy się z kablem podziemnym,
3. w ważniejszych punktach węzłowych rozległej sieci napowietrznej,

4. w elektrowni przy szynach zbiorczych,
5. w urządzeniach *niskiego* napięcia:
 - a) przy długości linii do 1 km bez odgałęzień, tylko przy źródle prądu,
 - b) przy długości linii ponad 1 km również w miejscach odbioru prądu, a w linii najmniej co 1 km,
 - c) w sieciach rozdzielczych przy punktach zasilających,
6. w liniach *wysokiego* napięcia:
 - a) przy długości do 1 km bez rozgałęzień, tylko przy źródle,
 - b) ponad 1 km również przy odbiornikach,
 - c) na dalekonośnych liniach najmniej co 20 km, i w szczególnie niebezpiecznych miejscach,
 - d) na dalekonośnych liniach z odgałęzieniami: przy źródle prądu, w miejscach narażonych na działania atmosferyczne, w głównych punktach odbioru i najmniej co 10 km,
 - e) na długich liniach dalekonośnych z linką odgromową — przy źródle prądu, na miejscu odbioru i w miejscach szczególnie narażonych.

§ 154. BEZPIECZNIKI NAPIĘCIOWE.

W sieci o niskim napięciu skojarzonej przez transformator z siecią wysokiego napięcia jest obawa przebicia izolacji i przetrzucenia się wysokiego napięcia do sieci niskiego napięcia. Dla zabezpieczenia sieci niskiego napięcia włącza się *bezpieczniki napięciowe* pomiędzy siecią a ziemią, zwykle w postaci korka z gwintem, wewnątrz którego są dwie płytki metalowe, oddzielone od siebie cienkim listkiem miki z otworami.

Jedna płytka łączy się z zabezpieczanym uzwojeniem, a druga z uziemieniem. Gdy powstanie wysokie napięcie pomiędzy uzwojeniami, a ziemią, to tworzy się w bezpieczniku między

płytkami przez otworki w mice łuk, który nadtapia płytki i sprawia uziemienie uzwojenia. Najlepiej włączać bezpieczniki napięciowe pomiędzy punktem zerowym transformatora a ziemią.

§ 155. OCHRONA OD PRZETĘŻEŃ.

Dławiki i opory włączane pomiędzy punktem zerowym urządzenia w elektrowni czy podstacji transformatorowej a ziemią, służą jako zabezpieczenia od silnych prądów i łuków ziemnozwarciowych.

TABLICE ROZDZIELCZE I ROZDZIELNIE W ELEKTROWNIACH I PODSTACJACH

§ 156. ROZDZIELNIE GŁÓWNE.

1. Tablice dzielimy na pola, przeznaczone dla poszczególnych maszyn, baterii akumulatorów, ważniejszych odgałęzień i grup odbiorników. W urządzeniach *niskiego napięcia* w każdym polu umieszczamy najwyżej mierniki, niżej łączniki i bezpieczniki, a jeszcze niżej oporniki.

Należy zwracać uwagę na to, aby mierniki były dobrze widoczne, aby dozorca mógł wygodnie sięgać do rękojeści łączników i kółek czy korbek oporników, oraz wygodnie wymieniać spalone bezpieczniki.

W tablicach nowszej konstrukcji przód tablicy wykonywamy z blachy żelaznej, mierniki wpuszczamy przez otwory za tablicę, również za tablicą znajdują się łączniki i oporniki, z przodu wystają tylko rączki, korbki i pokrętła, za tablicą umieszczone są także bezpieczniki.

2. Do połączeń prowadzących znaczne prądy używamy zwykle szyn i drutów miedzianych gołych *cynowanych*. Przewody gołe umocowujemy na specjalnych izolatorach, zawsze zachowując odpowiednie odstępy.

Tablica powyższa została ułożona przy założeniu, że szyny są postawione większym wymiarem pionowo, długością swoją poziomo, a odstęp pomiędzy równoległe ułożonymi szynami co najmniej jest równy grubości szyny, w tych warunkach nagrzanie nie przekroczy 30°.

Obciążenie szyn płaskich miedzianych

Największe obciążenie w amp.	Liczba równoległych szyn	Wymiar szyn w mm	Ciężar całkow. na 1 m bież. w kg	Śruby na złączu	
				liczba	średn. w calach
100	1	20 × 2	0,36	1	1/4
150	1	25 × 2	0,45	1	5/16
200	1	30 × 2	0,54	1	3/8
250	1	30 × 3	0,81	1	3/8
300	1	40 × 3	1,08	1	1/2
350	1	40 × 3	1,08	1	1/2
400	1	40 × 4	1,44	1	1/2
	2	30 × 2	1,08	1	3/8
500	1	40 × 5	1,8	1	1/2
	2	30 × 3	1,62	1	3/8
600	1	50 × 5	2,25	2	3/8
	2	40 × 3	2,16	1	1/2
700	1	60 × 5	2,7	2	1/2
	2	40 × 3	2,16	1	1/2
800	1	70 × 5	3,15	4	3/8
	2	40 × 4	2,88	1	1/2
900	1	80 × 5	3,6	4	3/8
	2	40 × 5	3,6	1	1/2
1000	1	60 × 10	5,4	2	1/2
	1	100 × 5	4,5	4	1/2
	2	50 × 5	4,5	2	3/8
1300	1	80 × 10	7,2	4	3/8
	2	60 × 5	5,4	2	1/2
	3	40 × 5	5,4	1	1/2
1600	1	100 × 10	9	4	1/2
	2	80 × 5	7,2	4	3/8
	3	50 × 5	6,75	2	3/8

Największe obciążenie w amp.	Liczba równoległych szyn	Wymiar szyn w mm	Ciężar całkow. na 1 m bież. w kg	Śruby na złączu	
				liczba	średn. w calach
2000	2	70×10	12,6	4	3/8
	2	100×5	9,0	4	1/2
	3	70×5	9,45	4	3/8
	4	50×5	9,0	2	3/8
2500	2	80×10	14,4	4	3/8
	3	80×5	10,8	4	3/8
	4	60×5	10,8	2	1/2
3000	2	100×10	18,0	4	1/2
	3	100×5	13,5	4	1/2
	4	70×5	12,6	4	3/8

Można również stosować praktyczną wskazówkę, że przy prądzie stałym na 1 dcm² powierzchni szyny wypadać powinno od 2 do 3 watów mocy prądu, zamieniającej się na ciepło, aby szyna rozgrzała się nie więcej niż o 25⁰ ponad temperaturę powietrza.

Jeżeli np. szyna 60 mm × 10 mm jest obciążona prądem 1000 amperów to, według wzoru J^2R , w niej na ciepło zamienia się na długości 1 m.

$$\frac{1000 \times 1000}{56 \times 600} = 30 \text{ watów}$$

Powierzchnia boczna tej szyny na długości 1 m wyniesie:

$$2(0,6 + 0,1) \times 10 = 14 \text{ dcm}^2$$

więc na 1 dcm² wypadnie:

$$\frac{30}{14} = 2,14 \text{ wata.}$$

Przy prądzie zmiennym należy stosować przekroje wielokrotne utworzone z kilku szyn równoległych cieńszych dla

zmniejszenia wpływu naskórkowości, która polega na tym, że prąd zmienny wyzyskuje głównie powierzchniowe warstwy przewodów, albo należy stosować przekroje większe.

Złącza szyn powinny być dobrze wykonane, zwykle długość styku równa się conajmniej szerokości szyny. Powierzchnie stykające się muszą być czyste, nawet niekoniecznie cynowane, o ile zapewnione jest dobre przyleganie. *Przekładek z cynfolii kłaść nie należy*, gdyż praktyka wykazuje, że wtedy styk nieraz bywa gorszy. Najważniejsze jest *odpowiednie ściśnięcie* styku. W dobrych stykach powinno wypadać od 500 do 250 gr ciśnienia na 1 A prądu przepływającego w styku. Styk skręca się odpowiednią liczbą śrub dostatecznej grubości.

Dokładność styku można sprawdzić mierząc spadek napięcia. Według wzoru:

$$u = \frac{J}{P} \cdot a$$

u — napięcie na styku w miliwoltach, J — natężenie prądu w amperach, P — całe ciśnienie na styku w kg, a — współczynnik zależny od rodzaju powierzchni:

	Spółczynnik a
Miedź do miedzi czysta i sucha	0,36
Miedź cynowana do miedzi cynowanej	od 0,1 do 0,3

Cienkie przewody bierzemy izolowane gumą, otaśmowane i przymocowujemy klamerkami.

Linki i grube druty przyłączamy za pomocą odpowiednich zawsze cynowanych końcówek.

Dla odróżnienia biegunów ważniejsze przewody i szyny malujemy odpowiednimi kolorami. Wyróżniamy bieguny (+),

(—) i (O) przy prądzie stałym i *R, S, T* i *O* przy prądzie zmiennym trójfazowym i *R, T* przy jednofazowym.

Barwy stosujemy zwykle następujące:

+	.....	czerwona
—	.....	niebieska
O	.....	biała
R	.....	żółta
S	.....	zielona
T	.....	fioletowa
O	.....	biała

3. *Bezpieczniki i oporniki* należy umieszczać zdala od materiałów łatwopalnych.

Przewody do oporników najlepiej doprowadzać zdołu, aby uniknąć wpływu gorącego powietrza.

4. *Odległość części nieosłoniętych*, będących pod napięciem, od przeciwległej ściany w urządzeniach *niskiego* napięcia powinna być nie mniejsza od 1 m, w urządzeniach *wysokiego* napięcia — 1,5 m. Jeżeli z obu stron przejścia są nieosłonięte części, będące pod napięciem, to pozioma odległość między nimi powinna być nie mniejsza od 2 m. Pożądane są za rozdzielnią chodniki z materiału izolującego.

5. *W urządzeniach wysokiego napięcia* na tablicy rozdzielczej zwykle mamy tylko mierniki pod niskim napięciem, połączone z transformatorami miernikowymi, oraz rączki lub przyciski sterownicze łączników i korbki czy pokrętła oporników pod niskim napięciem.

Same wyłączniki i transformatoriki miernikowe oraz szyny zbiorcze wysokiego napięcia znajdują się za tablicą, lub w osobnym obszernym pomieszczeniu albo wprost pod gołym niebem. Wewnątrz budynków wyłączniki i transformatoriki miernikowe umieszczamy w ogniotrwałych komorach otwartych zgóry i z boku. Przyrządy znajdujące się nad przejściami, w rozdzielniach wysokiego napięcia, na wysokości mniejszej od 2,5 m, muszą być specjalnie osłonięte.

Wszystkie szkielety żelazne przy wysokim napięciu muszą być uziemione. Należy również uziemiać wszystkie części metalowe, nie prowadzące prądu, w przyrządach wysokiego napięcia. Z obu stron tablicy i we wszystkich przejściach w pobliżu urządzeń rozdzielczych wysokiego napięcia, układamy gumowe lub drewniane chodniki izolacyjne.

Rozdzielnie wysokiego napięcia w budynkach znajdują się zawsze w pomieszczeniach stale zamkniętych na klucz. Wchodzić tam może tylko personel, obznajmiony z zachowaniem się wobec wysokiego napięcia i to lepiej zawsze wchodzić we dwóch.

Niektórzy instalatorzy wprowadzają na wysokie napięcie do kilkudziesięciu tysięcy woltów rozdzielnie okapturzone, w metalowych rurach i skrzyniach.

§ 157. ROZDZIELNIE WTÓRNE.

Gdy od głównego przewodu zasilającego rozgałęzimy prąd w jednym budynku do kilku pionów, lub do kilku budynków, przy niskim napięciu, to ustawimy tablicę rozdzielczą, np. marmurową grubości 25 mm w ramie żelaznej z bezpiecznikami z przodu i szynami rozdzielczymi z tyłu; najlepsze są bezpieczniki paskowe wyjmowane w rurkach, gdyż one jednocześnie służą jako odłączniki. Można także zastosować rozdzielnię okapturzoną, zabezpieczającą przewody i przyrządy od wilgoci, dotknięcia i uszkodzeń mechanicznych. Przy urządzaniu takich rozdzielni, należy przestrzegać tych samych zasad, które były podane w poprzednim paragrafie.

§ 158. MAŁE TABLICE ROZGAŁĘŻNE.

1. W dużych gmachach zwykle na każdym piętrze albo w pewnej grupie pomieszczeń dajemy tablice rozgałęźne. Tablice te wykonywane bywają z materiału izolacyjnego w ramie żelaznej. Na takich tabliczkach dajemy zwykle bezpieczniki wkrętkowe. Jeżeli pewne obwody elektryczne mają być wyłączane często na tablicy rozdzielczej, to oprócz bezpieczników

dajemy na tablicy również dwubiegunowe wyłączniki pokrętne. Częste odłączanie za pomocą bezpieczników wkrętkowych nie jest wskazane, ponieważ przy częstym wykręcaniu wkrętki psują się.

Przy prowadzeniu przewodów na tynku, tablice umieszczamy również na ścianach w odpowiedniej odległości i zakrywamy odpowiednimi szafkami.

Jeżeli przewody są ułożone pod tynkiem, to tablice rozdzielcze umieszczamy we wnękach przygotowanych w ścianach, wnęki te muszą być dość obszerne, aby zmieściły się przewodniki idące pod tablicę.

Najlepiej stosować bezpieczniki i wyłączniki do przyłączenia przewodów od przodu, wtedy przewodniki przeciąga się od tyłu przez odpowiednie otwory.

Jeżeli przewody mają być przyłączane od tyłu, to odległość tablicy od ściany nie może być mniejsza od 25 cm.

2. *Szyny zbiorcze* muszą być cynowane i mocno przykręcone, przewody możliwie równo prowadzone i przy nieuniknionych skrzyżowaniach zabezpieczone nawleczonymi rurkami kauczukowymi.

Tablice należy osłonić szafką, najlepiej żelazną, zamykaną na klucz.

W niektórych urządzeniach szafki mają szklane okienka, a na tablicy dodane są małe lampki jarzące, które świecą, gdy obwód jest wyłączony.

3. *Tablice należy umieszczać* w miejscach możliwie dostępnych. Tablic wyżej opisanej konstrukcji nie można dawać w miejscach wilgotnych. W takich miejscach stać mogą tylko rozdzielnie szczelnie okapturzone.

4. *Okapturzone rozdzielnie* należy stosować wszędzie, gdzie chodzi o pewne zabezpieczenie od kurzu, wilgoci i mechanicznych uszkodzeń, a więc przede wszystkim w wytwórniach. W pomieszczeniach o wyciewach żrących lub niebezpiecznych, pod względem ognia lub wybuchu, rozdzielni w ogóle umieszczać nie wolno, wtedy należy znaleźć miejsce poza tym lokalem.

§ 159. OBSŁUGA ROZDZIELNI.

Obsługujący rozdzielnię musi ją utrzymać w czystości, co pewien czas odkurzać. Sprawdzać czy nie grzeją się styki (przy wysokim napięciu po wyłączeniu napięcia na wszystkich biegunach), rozluźnione dokręcić, utlenione oczyścić, nadpalone wygładzić, a zanieczyszczone obmyć benzyną. Pomieszczenie rozdzielni powinno być czysto utrzymane i często odkurzane, oraz dobrze oświetlone.

Tablice rozdzielcze w elektrowniach muszą być oświetlone z tyłu i z przodu. Prócz zwykłego oświetlenia należy przewidzieć oświetlenie bezpieczeństwa (z akumulatorów, albo gazowe, naftowe itp.). Muszą być również w pobliżu przyrządy do gaszenia ognia.

UZIEMIENIA

§ 160. CO NALEŻY UZIEMIAĆ?

1. *Należy uziemiać* w urządzeniach *wysokiego* napięcia metalowe osłony, konstrukcje wsporcze, kadłuby maszyn itp.

2. *Należy uziemiać* przy *niskim* napięciu wszystkie metalowe części nie będące normalnie pod napięciem, jeżeli urządzenie *znajduje się w pomieszczeniach wilgotnych*, czy z parami żrącymi. Powyższe uziemienie jest niezbędne również wówczas, gdy w pobliżu tych części metalowych znajduje się rura wodociągowa, czy ogrzewalna lub kanalizacyjna, mająca zawsze dobre połączenie z ziemią.

Przy uziemianiu należy uważać, aby powyższe części metalowe dobrze były elektrycznie połączone między sobą i z przedmiotami metalowymi uziemionymi położonymi w pobliżu. Ochronniki przepięciowe i piorunochrony budynkowe muszą mieć uziemienie *osobne*, niezależnie od poprzednio omówionych. Poza tym uziemia się zerowe przewody urządzeń trójprzewodowych stałego prądu 2×220 V i trójfazowych czteroprzewodowych o napięciu $3 \times 380/3 \times 220$ V.

Uziemienie musi być wykonane dobrze, gdyż np. jeżeli nastąpi zwarcie między którąkolwiek fazą a kadłubem maszyny, wówczas bezpiecznik fazowy przepali się, jednak tylko w wypadku, gdy opór uziemienia jest dostatecznie mały. W przeciwnym razie bezpiecznik nie przepali się, a człowiek dotykający do kadłuba maszyny będzie pod napięciem dość dużym, równym spadkowi napięcia w oporze uziemiającym.

§ 161. USTRÓJ UZIEMIENIA.

1. Najskuteczniejszym uziemieniem jest połączenie z rurą wodociągową, za pomocą trwałej klamry obejmującej dobrze oczyszczoną rurę i mocno zaciśniętej. Połączenia z rurami gazowymi są wzbronione. Jeżeli wodociągu blisko nie ma, to należy stosować specjalne *uziemiacze* w następującej postaci:

- a) płytę z blachy żelaznej cynkowanej o wymiarach: $1000 \times 1000 \times 3$ mm, lub z blachy miedzianej cynowanej $500 \times 500 \times 2$ mm zapuszcza się w położeniu pionowym (na kant) do wody gruntowej. Gdyby na głębokości 2 m ziemia była jeszcze sucha, wówczas zostawiamy płytę w tej ziemi, otaczając miążkim koksem w ilości 200 kg;
- b) taśmę żelazną cynowaną wymiarów 30×3 mm długości 20 m lub drut żelazny cynowany, o średnicy 8 mm również długości 20 m, zakopuje się na głębokości 50 cm w glebie wilgotnej, gdzie zbiera się woda deszczowa;
- c) rurę gazową ocynkowaną w ogniu, średnicy 1 do $1\frac{1}{2}$ " albo rurę żelazną zwykłą, średnicy 3", długości od 2 do 3 m, wbija się pionowo do ziemi.

Chcąc osiągnąć bardzo dobre uziemienie, o małym oporze, należy zakopać kilka płyt lub rur w odległości kilku metrów od siebie na okręgu koła i połączyć wszystkie razem odpowiednim przewodem.

Im większa jest moc elektrowni i im rozleglejsza jest sieć rozdzielcza, tym lepsze muszą być uziemienia.

Mając w pobliżu studnię, można żelazne uziemiacze zakopywać na dnie studni do ziemi w wyżej podanym położeniu.

Większe masy żelazne znajdujące się obok, np. konstrukcje żelazne, szyny kolejowe, należy przyłączyć do przewodów ziemnych.

2. *Opór dobrego uziemienia* (patrz dalej o pomiarze oporów), nie powinien być większy od 5 omów, bywa wymagany mniejszy. Połączenie z uziemiaczem przewodów uziemiających powinno być bardzo staranne przez spawanie, lutowanie lub zaciskanie śrubami zabezpieczonymi od obłuzowania. Miejsca połączenia należy zalać asfaltem. Przy wyjściu z ziemi prze-

wód należy osłaniać rurą żelazną na wysokość kilkudziesięciu centymetrów pod ziemią i do 2 m nad ziemią.

Przekrój przewodów uziemiających z miedzi stosuje się nie mniejszy od 16 mm² w pomieszczeniach ruchu elektrycznego, a od 6 mm² w innych pomieszczeniach. Nie stosuje się przekroju większego od 50 mm².

Z żelaza ocynkowanego lub obołowionego nie mniejszy — niż 20 mm², a najwyższej — 100 mm².

3. Gdy przyłączamy *kilka przedmiotów* do jednego uziemienia, to nie można prowadzić linki uziemiającej stopniowo, np. od pierwszego przedmiotu do drugiego, od drugiego do trzeciego, a od trzeciego do uziemienia, lecz trzeba prowadzić równolegle od każdego przedmiotu osobne linki, które potem można przyłączyć do wspólnej linki grubszej, prowadzącej do uziemiacza.

4. Przynajmniej raz do roku należy *sprawdzić stan linek*, czy drutów uziemiających, szczególnie w tym miejscu, gdzie wchodzi do ziemi, odkopując na głębokości conajmniej kilkudziesięciu centymetrów. Sprawdzić należy również stan styków i dociągnięcie śrub kontaktowych. Stan uziemiaczy należy sprawdzać, mierząc opór uziemienia.

IZOLACJA URZĄDZEŃ ELEKTRYCZNYCH.

§ 146. JAKA MA BYĆ IZOLACJA?

1. Urządzenia elektryczne prądu silnego *niskiego napięcia*, powinny mieć pewien dostateczny opór izolacji między przewodami poszczególnych biegunów, oraz między przewodami a ziemią, aby było zapewnione na czas długi dobre działanie urządzenia.

Przepisy określają wielkość tego dostatecznego, oporu w pewien sposób, który przytoczymy tu z wyjaśnieniami.

Odłączmy od sieci urządzenia elektrycznego: na wszystkich biegunach prądnice, silniki, przetwornice, prostowniki, akumulatory, transformatory, przewody napowietrzne oraz kable podziemne, przewody w pomieszczeniach wilgotnych, czy z parami żrącymi, wykręćmy żarówki równolegle połączone, i przerwijmy w jednym miejscu koło środka obwody lamp włączonych szeregowo, następnie wyjmijmy wszystkie bezpieczniki i odłączmy wyłączniki samoczynne, zastępujące bezpieczniki, do 6 amperowych włącznie, wtedy sieć przewodów podzieli się na działki. Otóż w każdej takiej działce osobno opór izolacji pomiędzy dwoma przewodami różnych biegunów nie powinien wynosić mniej, niż

$$U \times 1000 \text{ omów}$$

gdzie U — napięcie robocze, a więc na przykład, gdy sieć pracuje przy 220 V, to opór izolacji nie może być mniejszy od:

$$220000 \Omega.$$

Strata więc prądu przez izolację na każdej działce, nie może być większa od jednej tysięcznej części ampera, gdyż:

$$\frac{220}{220000} = \frac{1}{1000} \cdot A.$$

Poza tym w każdej działce osobno conajmniej taki sam opór musi mieć izolacja przewodów każdego z biegunów od ziemi. (Pomiar patrz dalej).

Mierzyć możemy również opór izolacji całej sieci od ziemi lub całych przewodów pomiędzy sobą: jeżeli ogólny opór wypadnie taki, jaki musi mieć jedna działka, to napewno opór izolacji poszczególnej działki będzie większy, natomiast jeżeli wypadnie mniejszy od wymaganej dla jednej działki, to należy zbadać każdą działkę z osobna.

2. *Przewody napowietrzne* nie mają przepisanego oporu izolacji, gdyż tu opór izolacji jest zmienny, zależny od pogody i od długości linii, która tu może być bardzo rozmaita. Dla orientacji podajemy z praktyki, że opór izolacji przewodu napowietrznego wynosi conajmniej 20000 Ω na 1 km. To znaczy, że dla linii 2 km będzie dwa razy mniejszy — 10000 Ω i t. p.

3. *Kable* zakopane w ziemi również nie wykazują stałego oporu izolacji, więc i dla nich na opór izolacji przepisów niema. W znacznym stopniu opór izolacji zależy od temperatury.

Kable próbowane w fabryce przy 15^o po 1 minutowej elektryzacji wykazały naprzykład na 1 km:

Opór izolacji	Przekrój
300 megaomów (milionów omów)	do 50 mm ²
200 megaomów " "	50 do 185 mm ²
100 megaomów " "	185 do 1000. mm ²

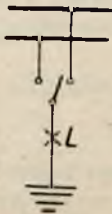
Po zakopaniu do ziemi i przyłączeniu muf opór izolacji zmniejsza się, w pewnym przypadku wyniósł 15 megaomów na 1 km.

Ze znacznego zmniejszenia się oporu izolacji kabli, w ciągu pewnego czasu można wywnioskować o rozpoczynających się uszkodzeniach. Tak np. kabel, który poprzednio wykazywał opór izolacji kilkaset megaomów na kilometr, po pewnym czasie wykazał opór izolacji 0,3 megaomów na kilometr i stwierdzono w nim uszkodzenie pancerza, płaszczka i żyły.

4. *Przewody w pomieszczeniach* wilgotnych zwykle trudno jest izolować tak dobrze, jak w suchych, musimy więc pogodzić się z izolacją gorszą i z pewnymi stratami prądu, które zresztą nigdy nie mogą być wielkie, o ile odbiorniki należycie działają i bezpieczniki nie stapiają się. W każdym razie należy jednak w takich pomieszczeniach zwracać uwagę, czy prąd upływający nie czyni gdzie jakich szkód, i czy dotykanie do metalowych przedmiotów nie wywołuje wstrząśnień od prądu. W takich razach należy niezwłocznie urządzenie zbadać i izolację polepszyć.

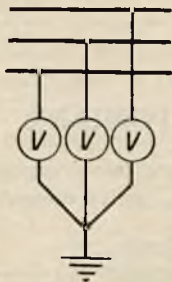
§ 147. WSKAŹNIKI ZWARCIA Z ZIEMIĄ.

1. *W urządzeniach prądu stałego* zwykle, jako wskaźnik zwarcia z ziemią, służy lampka żarowa, którą zapomocą przełącznika włączamy pomiędzy (+) i ziemię albo (—) i ziemię, rys. 164. Jeżeli lampka jasno świeci przy połączeniu z (+), to znaczy, że (—) jest uziemiony i odwrotnie. Rozległe sieci, nawet dobrze izolowane, wobec wielkiej powierzchni, przez którą prąd przez izolację płynąć może, mają niezbyt wielki opór izolacji i lampka może lekko się żarzyć na obu biegunach. Jeżeli na jednym biegunie żarzy się silniej, niż na drugim to znaczy, że ten drugi jest gorzej izolowany.



Rys. 164.

2. W urządzeniach prądu trójfazowego zazwyczaj stosowany jest układ trzech woltomierzy połączonych w gwiazdę z zerowym punktem uziemionym p. rys. 165.



Rys. 165.

Jeżeli izolacja na wszystkich biegunach jest jednakowa, to wszystkie woltomierze pokazywać będą jednakowe napięcie, jeżeli natomiast na którymkolwiek biegunie izolacja przewodów stanie się *gorszą*, to woltomierz połączony z *tym* biegunem wskazywać będzie mniej.

Przy wysokich napięciach bywają tu zwykle stosowane woltomierze elektrostatyczne włączone wprost na wysokie napięcie i umieszczone nie na tablicy, lecz w zamkniętej na klucz rozdzielni wysokiego napięcia.

POMIARY.

Przy obsłudze urządzeń elektrycznych dla pomiarów poza miernikami i licznikami, umieszczonymi na stałe korzystamy z mierników przenośnych.

§ 148. POMIAR NATĘŻENIA, NAPIĘCIA I MOCY PRĄDU,

1. *Amperomierze* przenośne dla prądu zmiennego z transformatorami albo szczypcami transformacyjnymi, p. rys. 166. a dla stałego z bocznikami służą do kontrolowania natężenia prądu, gdzie niema stałe włączonych amperomierzy, lub też do sprawdzania przyrządów tablicowych.



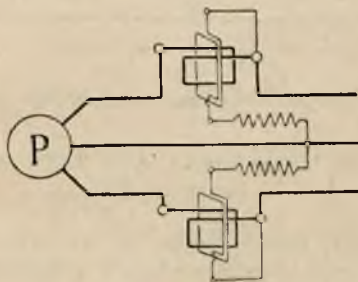
Rys. 166.

Chcąc przez czas dłuższy mieć wykaz zmian prądu, np. w jakimś transformatorze albo odgałęzieniu, włączamy *amperomierz samopiszący* z mechanizmem zegarowym, który na taśmie papierowej daje kropki albo ciągłą kreskę wyrażającą dokładnie przebieg zmian prądu, np. w ciągu doby albo jeszcze dłuższego czasu.

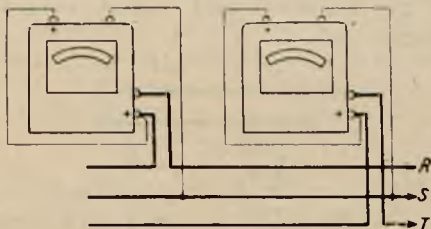
Poza tym włączając amperomierz w obwód silników, przekonać się łatwo możemy o przebiegu pracy napędzanej maszyny.

2. *Woltomierze* przenośne służą głównie dla kontroli napięcia w różnych miejscach sieci. Woltomierz samorzapisujący z mechanizmem zegarowym, połączony z siecią w odpowiednim miejscu na czas dłuższy, wykazuje z łatwością wszystkie wahania napięcia i w ten sposób pozwala sprawdzić doskonałość regulacji.

3. *Watomierze* przenośne zwykle są używane do prób prądnic i silników prądu zmiennego.



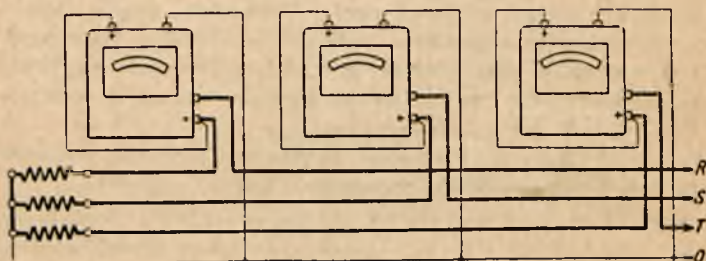
Rys. 167.



Rys. 168. Pomiar mocy zapomocą dwóch watomierzy.

Przy prądzie trójfazowym przy pomiarach dokładnych bywają używane dwa watomierze w układzie podanym na rys. 167 i 168.

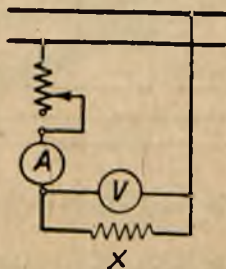
Przy prądzie trójfazowym w układzie czteroprzewodowym stosuje się trzy watomierze załączone w sposób, podany na rys. 169



Rys. 169. Pomiar mocy zapomocą trzech watomierzy,

§ 149. POMIAR OPORU UZWOJEŃ MASZYN I OPORNIKÓW.

a) Najprostszy sposób polega na zastosowaniu *amperomierza* i *woltomierza* w układzie połączeń wskazanym na rys. 170. Gdy chodzi o pomiar oporu uzwojeń, to koniecznie musi być użyty prąd stały. Amperomierz i woltomierz muszą mieć skale tego rodzaju, aby wskazówki pod prądem wskazywały działki w pobliżu środka skali.

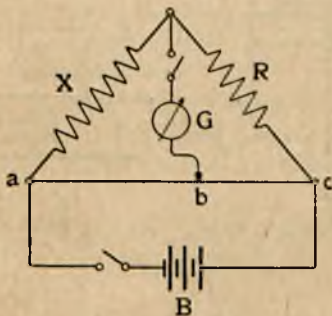


Rys. 170.

Przykład. Prąd nastawiono na 2 A, napięcie na końcach niewiadomego oporu 210 V, to opór będzie:

$$\frac{210}{2} = 105 \Omega.$$

b) Inny sposób polega na zastosowaniu przyrządu zwanego mostkiem Wheatstone'a (czytaj wistona), najlepiej z kontaktem ślizgowym, p. rys. 171. Zwykle przy drucie mamy działki wskazujące stosunek oporów X i R . Opór R bierzemy możliwie bliższy do X ,



Rys. 171.

Przykład. Opór $R = 10 \Omega$, ustawiamy kontakt ślizgowy w położenie, przy którym galwanometr wskazuje zero, przy tym kontakcie odczytujemy na skali 2,5, to znaczy, że niewiadomy opór X jest 2,5 razy większy od R wobec tego:

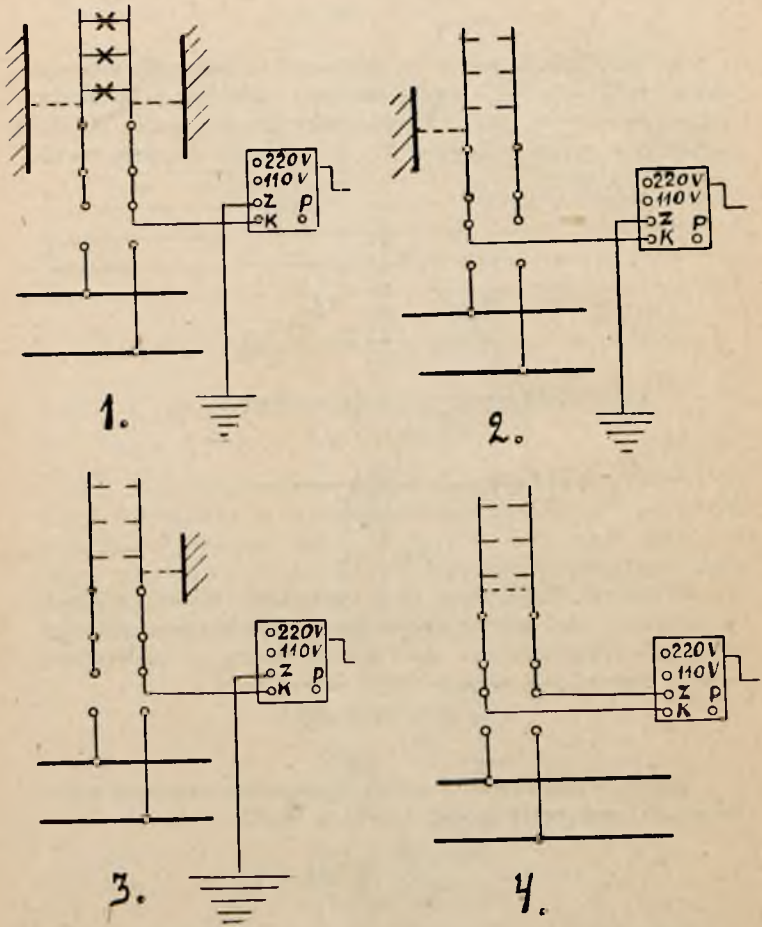
$$X = 10 \times 2,5 = 25 \Omega.$$

Sposób wyznaczenia przyrostu temperatury uzwojenia z drutu miedzianego przez pomiar przyrostu oporu:

$$t = \frac{R_g - R_z}{R_z} \left(234 + t_z \right)$$

Oznaczenia: t — przyrost temperatury w stopniach Celsjusza t_z — temperatura uzwojenia zimnego, R_g — opór uzwojenia gorącego, R_z — opór uzwojenia zimnego.

§ 150. POMIAR OPORU IZOLACJI
URZĄDZEŃ ELEKTRYCZNYCH.



Rys. 172. 1. Mierzenie oporu izolacji obu przewodów od ziemi, 2. i 3. mierzenie oporu izolacji jednego przewodu od ziemi. 4. mierzenie oporu izolacji pomiędzy przewodami,

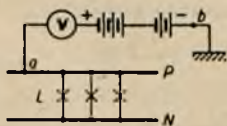
Pomiar wykonywamy zapomocą miernika izolacji, czyli tak zwanego *omomierza* z induktorem na prąd stały i dokładnym woltomierzem w jednym pudełku.

Układy połączeń wskazane są na rys. 172. Obracając korbką z szybkością około 3 obrotów na sekundę, uzyskujemy napięcia około 100 V, które możemy sprawdzić na woltomierzu przyciskając przycisk *P*. wychylenie zaś woltomierza przy nie nacisniętym przycisku *P*, wskazuje na odpowiedniej skali wprost opór izolacji wyrażony w megaomach (w milionach omów).

Do próbowanego przewodu należy przyłączać, o ile możliwości biegun ujemny, co bywa zwykle przewidziane przy oznaczeniu zacisków na przyrządzie.

Tego rodzaju omomierz służyć może tylko do mierzenia *oporów dużych*. Jeżeli izolacja jest uszkodzona, to przyrząd pewnej określonej liczby nie wskaże, a wskazówka będzie się wahać w pobliżu zera.

Pomiar oporu izolacji może być również uskuteczniiony woltomierzem włączonym, jak wskazano na rys. 173. Jeżeli oznaczymy:



Rys. 173.

R — opór woltomierza,

r — opór izolacji sieci,

U — napięcie baterii,

u — napięcie, jakie wskaże woltomierz włączony według rys. 173, to

$$r = R \frac{U - u}{u}$$

Przykład. $R = 10000 \Omega$, $U = 100 \text{ V}$, $u = 20 \text{ V}$, to:

$$r = 10000 \frac{100-20}{20} = 40000 \Omega.$$

§ 151. POMIAR OPORU UZIEMIENI.

Opór dobrych uziemień wynosi zaledwie kilka omów.

Jeżeli mamy w pobliżu rozległą sieć rur wodociągowych, to najprostszy sposób polega na zmierzeniu oporu pomiędzy przewodem prowadzącym do badanego uziemiacza, a rurą wodociągową. Ten opór możemy przyjąć za opór uziemienia badanego uziemiacza, gdy opór uziemienia rur jest do pominięcia, jako względnie znacznie mniejszy.

W innych okolicznościach sporządzamy dwa uziemienia pomocnicze na odległości conajmniej 10 m od siebie oraz od uziemiacza badanego i mierzymy opór pomiędzy parami uziemień. Jeżeli oznaczymy uziemienia przez A — badane, przez a i b — pomocnicze, a wyniki pomiarów wypadły następujące:

$$\begin{array}{ll} \text{opór pomiędzy } A \text{ i } a & - 20 \Omega \\ \text{„ „ } A \text{ i } b & - 30 \Omega \\ \text{„ „ } a \text{ i } b & - 40 \Omega \end{array}$$

to opór uziemienia badanego będzie:

$$\frac{20 + 30 - 40}{2} = 5 \Omega.$$

Pomiar oporu między uziemieniami dokonywamy w różny sposób:

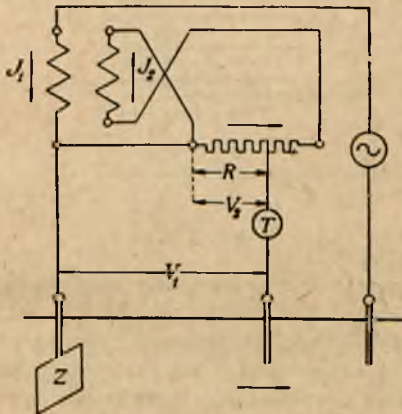
- a) Puszczamy w obwód pomiędzy dwa uziemienia prąd zmienny przez opornik (opór około 50Ω , wytrzymały na prąd około 5 A), włączając amperomierz i woltomierz, p. rys. 170. Jeżeli woltomierz wskaże 100 V , a amperomierz 5 A , to opór między uziemieniami będzie:

$$\frac{100}{5} = 20 \Omega.$$

- b) Stosujemy mostek Wheatstone'a, p. rys. 171, przystosowany do badania uziemień, a więc zasilany prądem

zmiennym i zaopatrzony w słuchawkę telefoniczną zamiast galwanometru.

- c) Pomiar przyrządem kompensacyjnym według schematu, p. rys. 174, zapomocą którego mając dwa pomocnicze uziemienia odrazu bez obliczenia odczytujemy przy kontakcie ślizgowym opór uziemienia badanego uziemiacza, po sprowadzeniu wskazówki przyrządu do zera.



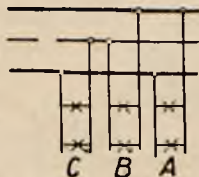
Rys. 174.

§ 152. ODNAJDYWANIE USZKODZEŃ.

1. *Przerwa w sieci elektrycznej* ujawnia się ustaniem działania odbiorników. O ile w sieci niema gałęzi, w których jest dopływ prądu z dwóch stron i przewody są dostępne, to niema żadnej trudności w znalezieniu przerwy; wystarczy w tym celu zauważyć, które odbiorniki są czynne.

Na szczególną wzmiankę zasługuje *przerwa w przewodzie zerowym* układu trójprzewodowego prądu stałego i czteroprzewodowego prądu trójfazowego. W tym przypadku lampy więcej obciążonego bieguna świecą za słabo, natomiast lampy mniej obciążonego bieguna świecą za jasno, a nawet mogą się przepalić.

Również należy zwrócić uwagę, jak się odbija na lampach przerwa w jednym przewodzie linii trójfazowej trójprzewodowej, p. rys. 175. Wtedy lampy *A*, załączone na przewody całe, świecą normalnie, lampy zaś *B* i *C* połączone z przewodem przerwany świecą słabiej, gdyż międzyprzewodowe napięcie dzieli się tu na dwie części wprost proporcjonalnie do oporu grup lamp *B* i *C*.



Rys. 175.

Miejsce przerwy w przewodach niedostępnych np. podziemnych kablowych bez uziemienia znajduje się przez pomiar pojemności żyły do miejsca przerwy i porównanie tej pojemności z wiadomą pojemnością 1 km. Najczęściej jednak przerwa zdarza się łącznie z uziemieniem i odszukuje się tak, jak uziemienie.

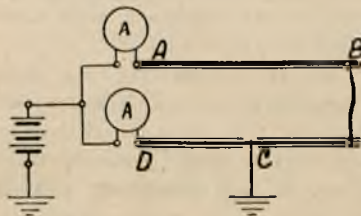
2. *Uziemienie w dostępnej sieci przewodów* odszukuje się zapomocą miernika izolacji, odłączając stopniowo poszczególne gałęzie jedną po drugiej przez otwieranie wyłączników, wykręcanie korków, wyjmowanie stoppek bezpiecznikowych i rozkręcanie rozetek łącznikowych przy jednoczesnym obserwowaniu miernika izolacji.

Jeżeli uziemienie znalazło się w gałęzi zawierającej kilka w szereg połączonych odbiorników, to miejsce uszkodzenia znajdujemy, dzieląc ten obwód mniejwięcej na dwie równe części, a następnie te części jeszcze po połowie i td.

3. *Miejsce uziemienia w niedostępnym kablu podziemnym* znajdujemy różnymi sposobami.

- a) Mając baterię akumulatorów o niewielkim woltażu, natomiast na prąd przynajmniej kilkudziesięciu amperów, łączymy przewodnikiem o jak najmniejszym oporze ko-

niec uszkodzonej żyły kabla z końcem zdrowej żyły tego samego lub innego kabla, p. rys. 176, i puszczamy prąd przez dwa amperomierze i uziemienie o małym oporze, jak wskazuje schemat. Prąd rozgałęzi się odwrotnie proporcjonalnie do oporów przewodów w kablu, a ponieważ opory są proporcjonalne do długości, to przy równym przekroju żył wskazania amperomierzy będą odwrotnie proporcjonalne do długości ABC i CD .

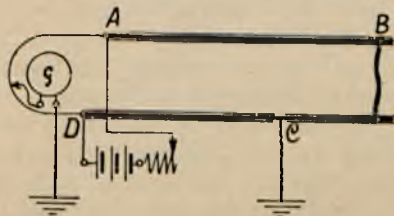


Rys. 176.

Przykład. Amperomierz górny wskazuje 10 A, a dolny 25 A, a cała długość $ABCD = 400$ m, to od D do C będzie:

$$\frac{400}{10 + 25} \times 10 = 114 \text{ m.}$$

b) Inny sposób polega na zastosowaniu *mostku Wheatstone'a* ze ślizgowym kontaktem, p. rys. 177. W tym przypadku



Rys. 177.

- łączymy koniec żyły uszkodzonej ze zdrową i z położenia kontaktu ślizgowego znajdujemy stosunek oporów przewodu ABC do oporu przewodu DC .
- c) Jeżeli *zdrowej żyły niema*, to zwykle w miejscu uszkodzenia dwie żyły są ze sobą stopione; wtedy miejsce uszkodzenia można wyznaczyć z oporu otrzymanej w ten sposób pętli, który należy zmierzyć mostkiem i podzielić przez znany opór 1 km żyły; w ten sposób znajdziemy długość przewodnika w pętli, a połowa tej długości jest odległością miejsca uszkodzenia od początku kabla.
- d) Możemy również posiłkować się prądem zmiennym znacznej częstotliwości, np. kilkaset okresów na sekundę. Puszczamy taki prąd do uszkodzonego kabla, łącząc jeden biegun źródła prądu z żyłą kabla, a drugi z ziemią, tak że prąd przepływa tylko do miejsca uszkodzenia i dalej wraca przez ziemię. Na powierzchni ziemi nad kablem przesuwamy ramkę zwiniętą z kilkunastu zwojów drutu połączoną ze słuchawką telefoniczną. W telefonie słychać dźwięk tylko póty, póki ramka przesuwa się nad kablem z prądem, za miejscem uszkodzenia dźwięk w słuchawce ustaje.
-

PORAŻENIE PRĄDEM.

§ 153. JAK SIĘ USTRZEC OD PORAŻENIA PRĄDEM.

1. Nie dotykać przewodów pod wysokim napięciem i nie zbliżać się do nich zanadto.

2. Nie dotykać przewodów pod napięciem nawet niskim, jeżeli ciało jest dobrze uziemione, a więc znajdując się w łazience, w piwnicy i tp.

Niebezpiecznie jest dotykać lamp, wyłączników i tp. mokrymi rękami, gdy się stoi boso, albo w przemoczonym obuwiu na wilgotnej podłodze lub siedzi się w wannie. Niebezpieczne jest dotykanie kranu wodociągowego lub kurka gazowego czy kaloryferu, gdy się drugą ręką dotyka lampy lub innego przyrządu elektrycznego pod napięciem.

Nie dotykać lamp elektrycznych i wyłączników, gdy się ma na uszach słuchawki aparatu radiofonicznego.

3. Nigdy nie dotykać żadnych przewodów pod prądem całą dłońią.

Nie dokonywać napraw przed odłączeniem maszyn i przyrządów od sieci *na wszystkich biegunach*, nawet przy niskim napięciu.

4. Przy wszelkich robotach na urządzeniach wysokiego napięcia należy zawsze odłączyć przewody na wszystkich biegunach i uziemić; posiłkować się przy tym dobrym drągiem izolacyjnym i nie dowierzać rękawiczkom gumowym.

5. Przy wysokim napięciu nie zabierać się do roboty samemu, zawsze pracować conajmniej we dwóch.

6. Wszystkie czynności w pobliżu urządzeń wysokiego napięcia, znajdujących się pod prądem, wykonywać bardzo ostroż-

nie i z namysłem. w miarę możliwości odgradzać się osłonami z materiału izolacyjnego.

7. W razie konieczności wykonywania prac przy niskim napięciu pod prądem należy posilkować się narzędziami z izolacyjnymi rączkami i stać na izolacyjnej podkładce, np. na suchej grubej desce.

8. Roboty koło przewodów niskiego napięcia oraz prądu słabego, znajdujących się w pobliżu linii wysokiego napięcia, należy wykonywać po odłączeniu przewodów wysokiego napięcia od źródła prądu, zwarciu tych przewodów i uziemieniu.

9. W ogóle należy pamiętać, że porażenia śmiertelne bywają i przy niskich napięciach 220 i 110 V, więc należy i przy tych napięciach przestrzegać przepisów ostrożności.

§ 154. CO CZYNIĆ W RAZIE PORAŻENIA PRĄDEM?

1. Najlepiej zaraz wyłączyć prąd.

2. Usunąć rażonego z pod napięcia przedmiotem z materiału izolacyjnego, lub rękami, chwytając za ubranie: jednocześnie dobrze izolując się samemu od ziemi za pomocą suchej deski lub złożonego w kilkoro suchego ubrania.

3. Zastosować jak *najprędzej* sztuczne oddychanie, które należy prowadzić kilka godzin.

4. W razie oparzenia, skóry nie dotykać, a nałożyć opatrunków z bornej wazeliny.

Szczegóły podane są we „Wskazówkach niesienia doraźnej pomocy w wypadku porażenia prądem elektrycznym” PNE/9.

§ 155. TABLICE OSTRZEGAWCZE.

W urządzeniach elektrycznych o wysokim napięciu należy umieszczać tablice ostrzegawcze z rysunkiem i napisem według przepisów Min. Rob. Pub. 30. IV. 1923 r., na słupach, budkach transformatorowych i t.d.

WIADOMOŚCI POMOCNICZE.

§ 156. PRZEPISY I NORMY ELEKTROTECHNICZNE.

W urządzeniach elektrycznych znajdujących się w szczególnych warunkach. np.:

1. w kinematografach,
2. w podziemiach kopalń,
3. w kopalniach oleju i gazu ziemnego

obowiązują specjalne przepisy uwzględniające osobliwe okoliczności ruchu tych urządzeń.

Przepisy takie zostały wydane przez Stowarzyszenie Elektryków Polskich.

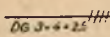
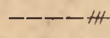




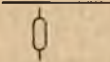
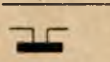
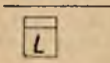
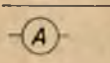
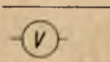


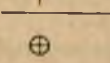


Tytuły tych przepisów są następujące:
















1. Przepisy na urządzenia elektryczne w *kinematografach*.
2. Przepisy budowy i ruchu urządzeń elektrycznych w *podziemiach kopalń*.
3. Przepisy budowy i ruchu urządzeń elektrycznych na kopalniach *oleju i gazu ziemnego*.

Poza tym S.E.P. wydało:

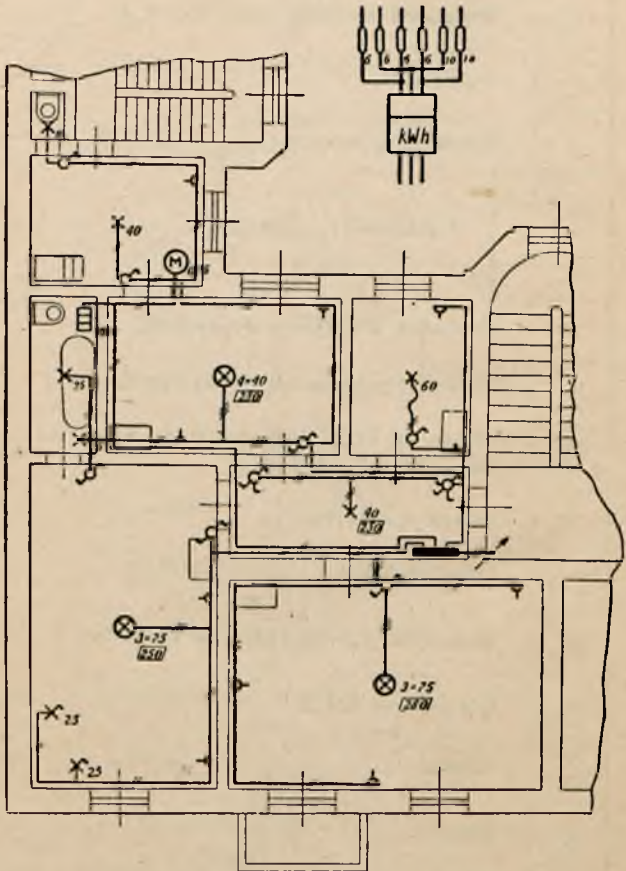
1. Przepisy budowy i ruchu urządzeń elektrycznych prądu silnego.
2. Przepisy budowy i ruchu reklam świetlnych niskiego napięcia, oraz urządzeń rur świetlanych.
3. Wskazówki obchodzenia się z urządzeniami elektrycznymi w razie pożaru.
4. Wskazówki niesienia doraźnej pomocy w wypadku porażenia prądem elektrycznym.
5. Wskazówki obchodzenia się z domowymi urządzeniami elektrycznymi. Środki ostrożności przeciw porażeniom i pożarom.
6. Wskazówki co do ochrony budowli od elektrycznych wyładowań atmosferycznych, oraz Instrukcja dla kontroli urządzeń piorunochronowych.
7. Przepisy badania i oceny maszyn elektrycznych.
8. Symbole planów instalacyjnych.
9. Przewody miedziane prądu silnego.

§ 157. OZNACZENIA NA PLANACH.

	Linia nadziemna, przewody 3 po 4 mm ² i 1 na 2,5 mm ² rodzaj izolacji DG.
	Kabel podziemny trójżyłowy.
	Przewody pionowe prowadzące energię do góry.
	„ „ w dół.
	„ „ z góry.
	„ „ z dołu.
	Bezpiecznik.
	Tabliczka rozdzielcza.
	Licznik.
	Amperomierz.
	Woltomierz.
	Uziemienie.
	Mufa.
	Słup drewniany.
	Słup żelazny o przekroju okrągłym.
	Słup żelazny kratowy.

	Wyłącznik dwubiegunowy na 10 A.
	Przełącznik.
	Przełącznik hotelowy.
	} Przełączniki schodowe.
	
	Gniazdko wtyczkowe do światła.
	Gniazdko wtyczkowe do siły 10 A.
	Lampa na 25 W zawieszona na wysokości 250 cm od podłogi.
	Lampa z kurkiem.
	Lampa ściągana.
	Świecznik z 3-ech lamp po 75 watów.
	Grzejnik na 500 W.
	Silnik.
	Prądnica.
	Transformator trójfazowy.

§ 158. PLAN PRZEWODÓW W MIESZKANIU.



4×40 oznacza świecznik z 4 lampami po 40 watów, zawieszonymi
[250] na wysokości 250 cm nad podłogą.

§ 159. NAPĘD PASOWY.

Przekładnia jest to stosunek liczb obrotów na minutę sprzęgniętych wałów.

Wzór na obliczenie przekładni: n_1 i n_2 liczby obrotów na minutę wałów, d_1 i d_2 — średnice kół pasowych.

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1}$$

poza tym należy uwzględnić poślizg około 3 do 5⁰/₀.

Przykład sprzężenia silnika spalinowego z prądnicą. Silnik ma koło pasowe o średnicy 1250 mm i wał jego obraca się z szybkością 210 obrotów na minutę, prądnica ma się obracać z szybkością 950 obrotów na minutę. Obliczamy średnicę koła pasowego na prądnicy.

Chcąc uwzględnić poślizg, przyjmiemy, że prądnica ma obracać się z szybkością o 3⁰/₀ większą, a więc ma wykonywać:

$$950 + 950 \times 0,03 = 978 \text{ obrotów na min.}$$

Z powyższego wzoru wypada:

$$\frac{210}{978} = \frac{d_2}{1250}$$

stąd:

$$d_2 = \frac{210 \times 1250}{978} = 268 \text{ mm.}$$

W podobny sposób obliczamy przekładnie od silników elektrycznych do maszyn napędzanych.

Powierzchnię kół pędzących obtacza się płasko, a pędzonych — wypukło.

Najmniejszy odstęp między osiami wałów podajemy w tabeli w metrach.

Średnica mniejszego koła pasowego w mm	Przekładania				
	1 : 3	1 : 4	1 : 5	1 : 6	1 : 7
200	2,8	3	3,2	3,4	3,6
300	3,2	3,5	3,8	4,3	5,1
400	3,6	4	4,6	5,7	6,8
500	4	4,5	5,7	7,1	8,6
600	4,4	5,1	6,8	8,6	10
700	4,8	5,8	7,9	10	—
800	5,2	6,6	9,1	—	—

Przykład. Przy średnicy małego koła pasowego 300 mm i przekładni 1 : 4 najmniejsza odległość będzie 3,5 metra.

Jeżeli trzeba dać odległość mniejszą, ze względu na warunki miejscowe, to dajemy naprężacz pasa w postaci kółka, którego średnica co najmniej równa się średnicy małego koła, w ten sposób można zwiększyć znacznie przekładnię np. do 1 : 13 przy niewielkich odległościach wałów.

Przykład. Gdy średnica koła mniejszego jest 270 mm, a przekładnia: $210 : 969 = 1 : 4,6$, to z tablicy wyóśrodkujemy odległość wałów 3,5 m, jeżeli odległość ma być 2 m, potrzebny jest naprężacz.

Kierunek wirowania kół powinien być taki, aby część pasa wyprężona — *ciągająca* była dolną, zwisająca zaś górną.

Pasy muszą być klejone, ostry kant w miejscu sklejenia powinien być zwrócony w kierunku odwrotnym do kierunku ruchu pasa.

Jeżeli niemożna dostatecznie naprężyć pasa przez rozsuwanie wałów, to niemal o 2% można skrócić pas, pociągając wewnętrzną stronę pasa roztopionym czystym lojem bydlęcym. Poza tym nie należy używać żadnych tłuszczów, kalafonii czy żywicy, gdyż niszczą skórę, za wyjątkiem oleju rogowego nadającego większą sprężystość.

Sprawność przekładni pasowej wynosi około 0,95 bez strat w łożyskach wałów i oporu powietrza kół pasowych.

Najlepsze są pasy ze skóry grzbietowej grub. ok. 5 mm przy szerokościach do 200 mm.

Szerokość pasa oblicza się na podstawie tabelki dopuszczalnego obciążenia w kg na 1 cm szerokości pasa.

Średnica małego koła pasowego	Szybkość pasa w metrach na sekundę							
	3	5	10	15	20	30	40	50
100 mm	2	2,5	3	3	3,5	3,5	3,5	3,5
200 „	3	4	5	5,5	6	6,5	6,5	6,5
500 „	6	7	8	9	10	11	11,5	12
1000 „	9	10	11	12	13	14	14,5	15

Przykład. Obliczmy szerokość pasa dla przeniesienia mocy 10 KM. Małe koło pasowe będzie miało średnicę 200 mm i będzie obracać się z szybkością 1000 obrotów na minutę. Wobec tego, że

$$200 \text{ mm} = 0,2 \text{ m},$$

szybkość ruchu pasa będzie :

$$v = 3,14 \frac{0,2 \times 1000}{60} = 10 \text{ m na sek.}$$

Przy tej szybkości i 200 mm średnicy koła, z tabeli dopuszczalne obciążenie pasa — 5 kg na cm.

Naciąg cały pasa obliczymy dzieląc moc przenoszoną, wyrażoną w kilogramometrach na sekundę, przez szybkość ruchu pasa w metrach na sekundę.

$$1 \text{ KM} = 75 \text{ kg. m na sek.},$$

cała moc, odpowiadająca 10 KM, wynosi: $75 \times 10 = 750 \text{ kgm na sek.}$

więc naciąg całkowity pasa będzie:

$$\frac{75 \times 10}{10} = 75 \text{ kg.}$$

Wobec tego szerokość pasa wypadnie:

$$\frac{75}{5} = 15 \text{ cm.}$$

§ 160. NAPĘD KOŁAMI ZĘBATYMI.

Obecnie sprzęganie silników elektrycznych z różnymi maszynami, oraz sprzęganie turbin parowych z prądnicami prądu stałego, odbywa się za pomocą dokładnie wykonanych frezowanych kół zębatach pracujących w oleju. Tak zwane np. motoreduktory fabryki Johna w Łodzi budowane są na różne przekładnie np. dla małych przekładni: gdy silnik wykonywa 1450; 950; 720 obrotów na minutę, a wał za przekładnią: 800; 700; 600; 500; 400; 300; 250; 200 i 150 obrotów na minutę, oraz dla dużych przekładni: 1:30; 1:50; 1:100; 1:200; 1:300; 1400; 1600 i 1:1000.

Straty mocy w takich przekładniach bywają około 2%.

Cała obsługa przy tych przekładniach polega na dopilnowaniu, aby nie zabrakło oleju w kadłuble tej przekładni i nie rozluźniły się żadne bolce. Niska temperatura i cichy bieg świadczą o prawidłowej pracy przekładni.

§ 161. FUNDAMENTY POD MASZYNY.

Fundamenty należy budować z cegły wyborowej dobrze wymoczonej w wodzie, na zaprawie cementowej: 1 część cementu, 3 części piasku lub 1 część cementu, 2 części piasku, albo też z betonu:

1 część cementu, 3 części piasku i 6 części żwiru, albo 1 część cementu, 2 części piasku i 4 części żwiru.

Fundament murowany jest dość związany po upływie 3 dni. Fundament zaś betonowy jest dość stwardniały po upływie dni 14-tu.

Spód fundamentu musi być rozszerzony, a najlepiej, gdy u dołu założona jest szeroka płyta betonowa.

Ciśnienie dopuszczalne na grunt: mokra glina z piaskiem 1,5 kg na 1 cm², a na suchą glinę, piasek, żwir 2,5 kg na cm².

Dla osłabienia przenoszenia wstrząśnień na ściany budynku nie należy łączyć fundamentów z murami budynku, pozostawiając wokoło fundamentu szczelinę szerokości conajmniej 40 mm pomiędzy fundamentem a krawędzią otaczającej podłogi. Szczeliny te nakrywamy kładkami z blachy żelaznej.

Głębokość fundamentów dla małych maszyn elektrycznych można stosować następującą:

Moc maszyny w kW	1,5	5	10	20	30	50	75	120	150
Głębokość w m	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,5

T A B E L E

MOC POTRZEBNA DLA NAPĘDU RÓŻNYCH MASZYN W KONIACH MECHANICZNYCH.

Do metali.		W gospodarstwie rolnym	
Wiertarki . . .	od 0,14 do 4	Młocarnie małe	od 3,5 do 4
Heblarki . . .	„ 1 „ 10	Młocarnie duże	„ 7 „ 25
Nożyce . . .	„ 1 „ 5	Sieczkarnie . .	„ 2 „ 6
Frezarki . . .	„ 1 „ 5		
Tokarki . . .	„ 0,4 „ 4	W gospodarstwie domowym	
Szlifierki . . .	„ 0,4 „ 2,5		
Do drzewa.			
Duże wielokrotne piły w tartakach . . .	„ 15 20	Pralnie mechaniczne . . .	„ 2 do 4
Piła tarczowa . .	„ 4 „ 15	Magle	„ 1 „ 1,5
Piła taśmowa . .	„ 2,5 „ 5	Odkurzacze . .	„ 0,25 „ 1
Heblarka . . .	„ 4 „ 12		
Wiertarka, frezarka i tp. . .	„ 1 „ 2		

Silniki napędzające:

małe pompy pobierają: 0,7 do 2,1 kW,
małe wentylatory — 0,035 do 0,180 kW,
maszyny do szycia — 0,040 kW.

Zamiana kilowatów na konie mechaniczne.

kW	KM	kW	KM	kW	KM	kW	KM
1	1.36	2.5	3.40	5	6.80	8	10.88
1.05	1.43	2.55	3.47	5.1	6.94	8.1	11.02
1.1	1.50	2.6	3.54	5.2	7.07	8.2	11.15
1.15	1.56	2.65	3.60	5.3	7.21	8.3	11.29
1.2	1.63	2.7	3.67	5.4	7.34	8.4	11.42
1.25	1.70	2.75	3.74	5.5	7.48	8.5	11.56
1.3	1.77	2.8	3.81	5.6	7.62	8.6	11.70
1.35	1.84	2.85	3.88	5.7	7.75	8.7	11.83
1.4	1.90	2.9	3.94	5.8	7.89	8.8	11.97
1.45	1.97	2.95	4.01	5.9	8.02	8.9	12.10
1.5	2.04	3	4.08	6	8.16	9	12.24
1.55	2.11	3.1	4.22	6.1	8.30	9.1	12.38
1.6	2.18	3.2	4.35	6.2	8.43	9.2	12.51
1.65	2.24	3.3	4.49	6.3	8.57	9.3	12.65
1.7	2.31	3.4	4.62	6.4	8.70	9.4	12.78
1.75	2.38	3.5	4.76	6.5	8.84	9.5	12.92
1.8	2.45	3.6	4.90	6.6	8.98	9.6	13.06
1.85	2.52	3.7	5.03	6.7	9.11	9.7	13.19
1.9	2.58	3.8	5.17	6.8	9.25	9.8	13.33
1.95	2.65	3.9	5.30	6.9	9.38	9.9	13.46
2	2.72	4	5.44	7	9.52	10	13.6
2.05	2.79	4.1	5.58	7.1	9.66	10.5	14.3
2.1	2.86	4.2	5.71	7.2	9.79	11	15.0
2.15	2.92	4.3	5.85	7.3	9.93	11.5	15.6
2.2	2.99	4.4	5.98	7.4	10.06	12	16.3
2.25	3.06	4.5	6.12	7.5	10.20	12.5	17.0
2.3	3.13	4.6	6.26	7.6	10.34	13	17.7
2.35	3.20	4.7	6.39	7.7	10.47	13.5	18.4
2.4	3.26	4.8	6.53	7.8	10.61	14	19.0
2.45	3.33	4.9	6.66	7.9	10.74	14.5	19.7

kW	KM	kW	KM	kW	KM	kW	KM
15	20.4	27.5	37.4	50	68.0	75	102.0
15.5	21.1	28	38.1	51	69.4	76	103.4
16	21.8	28.5	38.8	52	70.7	77	104.7
16.5	22.4	29	39.4	53	72.1	78	106.1
17	23.1	29.5	40.1	54	73.4	79	107.4
17.5	23.8	30	40.8	55	74.8	80	108.8
18	24.5	31	42.2	56	76.2	81	110.2
18.5	25.2	32	43.5	57	77.5	82	111.5
19	25.8	33	44.9	58	78.9	83	112.9
19.5	26.5	34	46.2	59	80.2	84	114.2
20	27.2	35	47.6	60	81.6	85	115.6
20.5	27.9	36	49.0	61	83.0	86	117.0
21	28.6	37	50.3	62	84.3	87	118.3
21.5	29.2	38	51.7	63	85.7	88	119.7
22	29.9	39	55.0	64	87.0	89	121.0
22.5	30.6	40	54.4	65	88.4	90	122.4
23	31.3	41	55.8	66	89.8	91	123.8
23.5	32.0	42	57.1	67	91.1	92	125.1
24	32.6	43	58.5	68	92.5	93	126.5
24.5	33.3	44	59.8	69	93.8	94	127.8
25	34.0	45	61.2	70	95.2	95	129.2
25.5	34.7	46	62.6	71	96.6	96	130.6
26	35.4	47	63.9	72	97.9	97	131.9
26.5	36.0	48	65.3	73	99.3	98	133.3
27	36.7	49	66.6	74	100.6	99	134.6

Miary długości i powierzchni.

1 kilometr = 1000 metrów. 1 metr kwadr. = 10000 cm. kwadr.

1 metr = 100 centymetrów. 1 centymetr kw. = 100 mm kwadr.

1 cm. = 10 milimetrów. 1 cal ang. = 25,3995 mm.

1 hektar = 100 arów, 1 stopa ang. = 30,4794 cm.

1 ar = 100 metrów kwadr. 1 mila ang. = 1609,2 metrów.

Ciężar 1 cm³ w gramach niektórych ciał stałych.

Asfalt	od 1.1 do 1.5	Gлина	1.52— 2.85
Beton	1.8 — 2.45	Marmur	2.52— 2.85
Cegła	1.4 — 2.0	Miedź drut . .	8.8 — 9.0
Cement luźn. nasyp	1.3	Nikiel	8.9 — 9.2
Cement stward- niały	2.7 — 3.2	Ołów	11.3
Cyna	7.0 — 7.5	Piasek suchy .	1.4 — 1.65
Cynk	6.84— 7.2	„ mokry .	1.9 — 2.05
Suchy dąb . .	0.69—1.07	Wapno gaszone	1.3 — 1.4
Świeży dąb .	0.93— 1.28	Węgiel kamien- ny	1.2 — 1.5
Suchy świerk .	0.35— 0.6	Żelazo	6.9 — 7.85
Świeży świerk	0.45— 1.07	Żwir suchy . .	1.8
Glin (aluminium)	2.56— 2.75		

Ciężar 1 cm³ płynów w gramach.

Alkohol zwykły	0.79	Rtęć	13.59
Benzyna	0.68—0.73	Smoła płynna	1.20
Gliceryna	1.23	Spirytus drzewny	0.80
Nafta	0.79—0.82	Terpentyna	0.87
Oliwa	0.92	Woda morska	1.02—1.03
Oliwa mineralna	0.85—0.96	Woda destylowana	1.00

Średnica wewnętrzna rur gazowych.

Całe ang.	$\frac{1}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{3}{4}$	1	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{3}{4}$	2	$2\frac{1}{2}$	3	$3\frac{1}{2}$	4
mm	6.3	9.5	12.7	15.9	19	25.4	31.7	38.1	44.4	50.8	63.5	76.2	88.9	101.6

Średnica zewnętrzna gwintu Whitworth'a.

Całe ang.	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{7}{16}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{7}{8}$	1	$1\frac{1}{8}$	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{3}{8}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{5}{8}$	$1\frac{3}{4}$	$1\frac{7}{8}$	2
mm	6.3	7.9	9.5	11.1	12.7	15.9	19	22.2	25.4	28.6	31.7	34.9	38.1	41.3	44.4	47.6	50.8	58

Średnica zewnętrzna w mm — d i rozwartość klucza w mm — r dla gwintu metrycznego.

d	6	7	8	9	10	11	12	14	16	18	20	22
r	12	13	15	16	18	19	21	23	26	29	32	35
d	24	27	30	33	36	39	42	45	48	52	56	60
r	38	42	46	50	54	58	63	67	71	77	82	88

Ciężar 1 metra prętów żelaznych w kg.

Grub. mm	Kwa- drato- wy	Sze- ści- kątny	Okrą- gły	Grub. mm	Kwa- drato- wy	Sze- ści- kątny	Okrą- gły
5	0.195	0.169	0.153	21	3,440	2,979	2,702
6	0.281	0.243	0.221	22	3,775	3,269	2,965
7	0.382	0.331	0.300	23	4,126	3,573	3,241
8	0.499	0.432	0.392	24	4,493	3,891	3,529
9	0.632	0.547	0.496	25	4,875	4,222	3,829
10	0.780	0.676	0.613	26	5,273	4,566	4,141
11	0.944	0.817	0.741	27	5,686	4,924	4,466
12	1.123	0.973	0.882	28	6,115	5,296	4,803
13	1.318	1.142	1.035	29	6,560	5,681	5,152
14	1.529	1.324	1.201	30	7,020	6,080	5,513
15	1.755	1.520	1.378	32	7,987	6,917	6,273
16	1.997	1.729	1.568	34	9,017	7,809	7,082
17	2.254	1.952	1.770	36	10,109	8,754	7,939
18	2.527	2.189	1.985	38	11,263	9,754	8,746
19	2.816	2.439	2.212	40	12,480	10,808	9,802
20	3.120	2.702	2.450	42	13,759	11,916	10,806

Żelazo dwuteowe						Żelazo teowe			
Profil Nr	Wys. mm	Szer. mm	Grub. środ. mm	Grub. pasów mm	Ciężar 1 m w kg	Profil Nr	Wys. i szer. mm	Grub. mm	Ciężar 1 m w kg
8	80	42	3,9	5,9	5,9	2/7	20	3	0,87
9	90	46	4,2	6,3	7,0	2 1/2 : 2 1/2	25	3,5	1,28
10	100	50	4,5	6,8	8,3	3/3	30	4	1,76
11	110	54	4,8	7,2	9,6	3 1/2 : 3 1/2	35	4,5	2,32
12	120	58	5,1	7,7	11,1	4/4	40	5	2,94
13	130	62	5,4	8,1	12,6	4 1/4 : 4 1/4	45	5,5	3,64
14	140	66	5,7	8,6	14,2	5/5	50	6	4,42
15	150	70	6,0	9,0	15,9	6/6	60	7	6,19
16	160	74	6,3	9,5	17,8	7/7	70	8	8,27
17	170	78	6,6	9,9	19,7	8/8	80	9	10,6
18	180	82	6,9	10,4	21,7	9/9	90	10	13,3
19	190	86	7,2	10,8	23,8	10/10	100	11	16,3
20	200	90	7,5	11,3	26,1	12/12	120	13	23,1
21	210	94	7,8	11,7	28,3	14/14	140	16	31,1

Żelazo kątowe równo-ramienne				Żelazo ceowe (korytka)						
Profil Nr.	Szerokość ram. mm	Grubość ścian mm	Ciężar 1 m w kg	Profil Nr	Wysokość mm	Szerokość mm	Grubość środ. mm	Grub. pas. mm	Ciężar 1 m w kg	
1 ^{1/2}	15	{	3	0,64	3	30	33	5	7	4,24
			4	0,82						
2	20	{	3	0,87	4	40	35	5	7	4,85
			4	1,13						
2 ^{1/2}	25	{	3	1,11	5	50	38	5	7	5,55
			4	1,44						
3	30	{	4	1,77	6 ^{1/2}	65	42	5,5	7,5	7,05
			6	2,55						
3 ^{1/2}	35	{	4	2,03	8	80	45	6	8	8,6
			6	4,02						
4	40	{	4	2,40	10	100	50	6	8,5	10,5
			6	3,49						
			8	4,52						
4 ^{1/2}	45	{	5	3,36	12	120	55	7	9	13,3
			7	4,57						
			9	5,73						
5	50	{	5	3,75	14	140	60	7	10	15,9
			7	5,12						
			9	6,43						
5 ^{1/2}	55	{	6	4,92	16	160	65	7,5	10,5	18,7
			8	6,42						
			10	7,85						
6	60	{	6	5,39	18	180	70	8	11	21,8
			8	7,04						
			10	8,63						
6 ^{1/2}	65	{	7	6,8	20	200	75	8,5	11,5	25,1
			9	8,6						
			11	10,3						

Żelazo kątowe równoramiennie				Żelazo ceowe (korytka)					
Profil Nr	Szerokość ram. mm	Grubość ścian mm	Ciężar 1 m w kg	Profil Nr	Wysokość mm	Szerokość mm	Grubość środ. mm	Grub. pas. mm	Ciężar 1 m' w kg
7	70	7	7,3	22	220	80	9	12,5	29,2
		9	9,3						
		11	11,1						
7 ¹ / ₂	75	8	8,9	24	240	85	9,5	13	33,0
		10	11,0						
		12	13,0						
8	80	8	9,6	26	260	90	10	14	37,7
		10	11,8						
		12	13,9						
9	90	9	12,1	28	280	95	10	15	41,6
		11	14,6						
		13	17,0						
10	100	10	14,9	30	300	100	10	16	45,8
		12	17,7						
		14	20,4						

Tablica potęg i pierwiastków.

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	\dot{n}	n^2	n^3	$\sqrt{\dot{n}}$	$\sqrt[3]{\dot{n}}$
1	1	1	1,0000	1,0000	31	961	29791	5,5678	3,1414
2	4	8	1,4142	1,2599	32	1024	32768	5,6569	3,1748
3	9	27	1,7321	1,4422	33	1089	35937	5,7446	3,2075
4	16	64	2,0000	1,5874	34	1156	39304	5,8310	3,2396
5	25	125	2,2361	1,7100	35	1225	42875	5,9161	3,2711
6	36	216	2,4495	1,8171	36	1296	46656	6,0000	3,3019
7	49	343	2,6458	1,9129	37	1369	50653	6,0828	3,3322
8	64	512	2,8284	2,0000	38	1444	54872	6,1644	3,3620
9	81	729	3,0000	2,0801	39	1521	59319	6,2450	3,3912
10	100	1000	3,1623	2,1544	40	1600	64000	6,3246	3,4200
11	121	1331	3,3166	2,2240	41	1681	68921	6,4031	3,4482
12	144	1728	3,4641	2,2893	42	1764	74088	6,4807	3,4760
13	169	2197	3,6056	2,3513	43	1849	79507	6,5574	3,5034
14	196	2744	3,7417	2,4101	44	1936	85184	6,6332	3,5303
15	225	3375	3,8730	2,4662	45	2025	91125	6,7082	3,5569
16	256	4096	4,0000	2,5198	46	2116	97336	6,7823	3,5830
17	289	4913	4,1231	2,5713	47	2209	103823	6,8557	3,6088
18	324	5832	4,2426	2,6207	48	2304	110592	6,9282	3,6342
19	361	6859	4,3589	2,6684	49	2401	117649	7,0000	3,6593
20	400	8000	4,4721	2,7144	50	2500	125000	7,0711	3,6840
21	441	9261	4,5826	2,7589	51	2601	132651	7,1414	3,7084
22	484	10648	4,6904	2,8020	52	2704	140608	7,2111	3,7325
23	529	12167	4,7958	2,8439	53	2809	148877	7,2801	3,7563
24	576	13824	4,8990	2,8845	54	2916	157464	7,3485	3,7798
25	625	15625	5,0000	2,9240	55	3025	166375	7,4162	3,8030
26	676	17576	5,0990	2,9625	56	3136	175616	7,4833	3,8259
27	729	19683	5,1962	3,0000	57	3249	185193	7,5498	3,8485
28	784	21952	5,2915	3,0366	58	3364	195112	7,6158	3,8709
29	841	24389	5,3852	3,0723	59	3481	205379	7,6811	3,8930
30	900	27000	5,4772	3,1072	60	3600	216000	7,7460	3,9149

n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$	n	n^2	n^3	\sqrt{n}	$\sqrt[3]{n}$
61	3721	226981	7,8102	3,9365	81	6561	531441	9,0000	4,3267
62	3844	238328	7,8740	3,9579	82	6724	551368	9,0554	4,3445
63	3969	250047	7,9373	3,9791	83	6889	571787	9,1104	4,3621
64	4096	262144	8,0000	4,0000	84	7056	592704	9,1652	4,3795
65	4225	274625	8,0623	4,0207	85	7225	614125	9,2195	4,3968
66	4356	287496	8,1240	4,0412	86	7396	636056	9,2736	4,4140
67	4489	300763	8,1854	4,0615	87	7569	658503	9,3274	4,4310
68	4624	314432	8,2462	4,0817	88	7744	681472	9,3808	4,4480
69	4761	328509	8,3066	4,1016	89	7921	704969	9,4340	4,4647
70	4900	343000	8,3666	4,1213	90	8100	729000	9,4868	4,4814
71	5041	357911	8,4261	4,1408	91	8281	753571	9,5394	4,4979
72	5184	373248	8,4853	4,1602	92	8464	778688	9,5917	4,5144
73	5329	389017	8,5440	4,1793	93	8649	804357	9,6437	4,5307
74	5476	405224	8,6023	4,1983	94	8836	830584	9,6954	4,5468
75	5625	421875	8,6603	4,2172	95	9025	857375	9,7468	4,5629
76	5776	438976	8,7178	4,2358	96	9216	884736	9,7980	4,5789
77	5929	456533	8,7750	4,2543	97	9409	912673	9,8489	4,5947
78	6084	474552	8,8318	4,2727	98	9604	941192	9,8995	4,6104
79	6241	493039	8,8882	4,2908	99	9801	970299	9,9499	4,6261
80	6400	512000	8,9443	4,3089	100	10000	1000000	10,0000	4,6416

Tablica obwodów i pól kół.

d — średnica, u — obwód, s — pole.

d	u	s	d	u	s	d	u	s
0,1	0,314	0,0079	9	12,15	11,946	6	23,88	45,365
2	0,628	0,0314	4,0	12,57	12,566	7	24,19	46,566
3	0,942	0,0707				8	24,50	47,784
4	1,257	0,1257	1	12,88	13,203	9	24,82	49,017
5	1,571	0,1964	2	13,19	13,854	8,0	25,13	50,265
6	1,885	0,2827	3	13,51	14,522			
7	2,199	0,3848	4	13,82	15,205	1	25,45	51,530
8	2,513	0,5026	5	14,14	15,904	2	25,76	52,810
9	2,827	0,6362	6	14,45	16,619	3	26,08	54,106
1,0	3,142	0,7854	7	14,77	17,349	4	26,39	55,418
			8	15,08	18,096	5	26,70	56,745
1	3,456	0,9503	9	15,39	18,857	6	27,02	58,088
2	3,770	1,1310	5,0	15,71	19,635	7	27,33	59,447
3	4,084	1,3273				8	27,65	60,821
4	4,398	1,5394	1	16,02	20,428	9	27,96	62,211
5	4,712	1,7671	2	16,34	21,237	9,0	28,27	63,617
6	5,027	2,0106	3	16,65	22,062			
7	5,341	2,2698	4	16,96	22,902	1	28,59	65,039
8	5,655	2,5447	5	17,28	23,758	2	28,90	66,476
9	5,969	2,8353	6	17,59	24,630	3	29,22	67,929
2,0	6,283	3,1416	7	17,91	25,518	4	29,53	69,398
			8	18,22	26,421	5	29,85	70,882
1	6,597	3,4636	9	18,54	27,340	6	30,16	72,382
2	6,912	3,8013	6,0	18,85	28,274	7	30,47	73,898
3	7,226	4,1548				8	30,79	75,430
4	7,540	4,5239	1	19,16	29,225	9	31,10	76,977
5	7,854	4,9087	2	19,48	30,191	10,0	31,42	78,540
6	8,168	5,3093	3	19,79	31,172			
7	8,482	5,7256	4	20,11	32,170	1	31,73	80,118
8	8,796	6,1575	5	20,42	33,183	2	32,04	81,713
9	9,111	6,6052	6	20,73	34,212	3	32,36	83,323
3,0	9,425	7,0686	7	21,05	35,257	4	32,67	84,949
			8	21,36	36,317	5	32,99	86,590
1	9,739	7,5477	9	21,68	37,393	6	33,30	88,247
2	10,05	8,0425	7,0	21,99	38,485	7	33,62	89,920
3	10,37	8,5530				8	33,93	91,609
4	10,68	9,0792	1	22,31	39,592	9	34,24	93,313
5	11,00	9,6211	2	22,62	40,715	11,0	34,56	95,033
6	11,31	10,1790	3	22,93	41,854			
7	11,62	10,752	4	23,25	43,008	1	34,87	96,769
8	11,94	11,341	5	23,56	44,179	2	35,19	98,520

<i>d</i>	<i>u</i>	<i>s</i>	<i>d</i>	<i>u</i>	<i>s</i>	<i>d</i>	<i>u</i>	<i>s</i>
3	35,50	100,287	3	48,07	183,85	3	60,63	292,55
4	35,81	102,070	4	48,38	186,27	4	60,95	295,59
5	36,13	103,869	5	48,69	188,69	5	61,26	298,65
6	36,44	105,683	6	49,01	191,13	6	61,58	301,72
7	36,76	107,513	7	49,32	193,59	7	61,89	304,81
8	37,07	109,359	8	49,64	196,07	8	62,20	307,91
9	37,38	111,220	9	49,95	198,56	9	62,52	311,03
12,0	37,70	113,097	16,0	50,27	201,06	20,0	62,83	314,16
1	38,01	114,990	1	50,58	203,58	1	63,15	317,31
2	38,33	116,899	2	50,89	206,12	2	63,46	320,47
3	38,64	118,823	3	51,21	208,67	3	63,77	323,65
4	38,96	120,763	4	51,52	211,24	4	64,09	326,85
5	39,27	122,72	5	51,84	213,82	5	64,40	330,06
6	39,58	124,69	6	52,15	216,42	6	64,72	333,29
7	39,90	126,68	7	52,46	219,04	7	65,03	336,54
8	40,21	128,68	8	52,78	221,67	8	65,35	339,79
9	40,53	130,70	9	53,09	224,32	9	65,66	343,07
13,0	40,84	132,73	17,0	53,41	226,98	21,0	65,97	346,36
1	41,15	134,78	1	53,72	229,66	1	66,29	349,67
2	41,47	136,85	2	54,04	232,35	2	66,60	352,99
3	41,78	138,93	3	54,35	235,06	3	66,92	356,33
4	42,10	141,03	4	54,66	237,79	4	67,23	359,68
5	42,41	143,14	5	55,98	240,53	5	67,54	363,05
6	42,73	145,27	6	55,29	243,28	6	67,86	366,44
7	43,04	147,41	7	55,61	246,06	7	68,17	369,84
8	43,35	149,57	8	55,92	248,85	8	68,49	373,25
9	43,67	151,75	9	56,23	251,65	9	68,80	376,68
14,0	43,98	153,94	18,0	56,55	254,47	22,0	69,12	380,13
1	44,30	156,15	1	56,86	257,30	1	69,43	383,60
2	44,61	158,37	2	57,18	260,16	2	69,74	387,08
3	44,92	160,61	3	57,49	263,02	3	70,06	390,57
4	45,27	162,86	4	57,81	265,90	4	70,37	394,08
5	45,55	165,13	5	58,12	268,80	5	70,69	397,61
6	45,87	167,42	6	58,43	271,72	6	71,00	401,15
7	46,18	169,72	7	58,75	274,65	7	71,31	404,71
8	46,50	172,03	8	59,06	277,59	8	71,63	408,28
9	46,81	174,37	9	59,38	280,55	9	71,94	411,87
15,0	47,12	176,71	19,0	59,69	283,53	23,0	72,26	415,48
1	47,44	179,08	1	60,00	286,52	1	72,57	419,10
2	47,75	181,46	2	60,32	289,53	2	72,88	422,73

<i>d</i>	<i>u</i>	<i>s</i>	<i>d</i>	<i>u</i>	<i>s</i>	<i>d</i>	<i>u</i>	<i>s</i>
3	73,20	426,38	3	85,77	585,35	3	98,33	769,44
4	73,51	430,05	4	86,08	589,65	4	98,65	774,37
5	73,83	433,74	5	86,39	593,96	5	98,96	779,31
6	74,14	437,44	6	86,71	598,28	6	99,27	784,27
7	74,46	441,15	7	87,02	602,63	7	99,59	789,24
8	74,77	444,88	8	87,34	606,99	8	99,90	794,23
9	75,08	448,63	9	87,65	611,36	9	100,2	799,23
24,0	75,40	452,39	28,0	87,96	615,75	32,0	100,5	804,25
1	75,71	456,17	1	88,28	620,16	1	100,8	809,28
2	76,03	459,96	2	88,59	624,58	2	101,2	814,33
3	76,34	463,77	3	88,91	629,02	3	101,5	819,40
4	76,65	467,59	4	89,22	633,47	4	101,8	824,48
5	76,97	471,44	5	89,54	637,94	5	102,1	829,58
6	77,28	475,29	6	89,85	642,42	6	102,4	834,69
7	77,60	479,16	7	90,16	646,92	7	102,7	839,82
8	77,91	483,05	8	90,48	651,44	8	103,0	844,96
9	78,23	486,95	9	90,79	655,97	9	103,4	850,12
25,0	78,54	490,87	29,0	91,11	660,52	33,0	103,7	855,30
1	78,85	494,81	1	91,42	665,08	1	104,0	860,49
2	79,17	498,76	2	91,73	669,66	2	104,3	865,70
3	79,48	502,73	3	92,05	674,26	3	104,6	870,92
4	79,80	506,71	4	92,36	678,87	4	104,9	876,16
5	80,11	510,71	5	92,68	683,49	5	105,2	881,41
6	80,42	514,72	6	92,99	688,13	6	105,6	886,68
7	80,74	518,75	7	93,31	692,79	7	105,9	891,97
8	81,05	522,79	8	93,62	697,46	8	106,2	897,27
9	81,37	526,85	9	93,93	702,15	9	106,5	902,59
26,0	81,68	530,93	30,0	94,25	706,86	34,0	106,8	907,92
1	82,00	535,02	1	94,56	711,58	1	107,1	913,27
2	82,31	539,13	2	94,88	716,31	2	107,4	918,63
3	82,62	543,25	3	95,19	721,07	3	107,8	924,01
4	82,94	547,39	4	95,50	725,83	4	108,1	929,41
5	83,25	551,55	5	95,82	730,62	5	108,4	934,82
6	83,57	555,72	6	96,13	735,42	6	108,7	940,25
7	83,88	559,90	7	96,45	740,23	7	109,0	945,69
8	84,19	564,10	8	96,76	745,06	8	109,3	951,15
9	84,51	568,32	9	97,08	749,91	9	109,6	956,62
27,0	84,82	572,56	31,0	97,39	754,77	35,0	110,0	962,11
1	85,14	576,80	1	97,70	759,64	1	110,3	967,62
2	85,45	581,07	2	98,02	764,54	2	110,6	973,14

<i>d</i>	<i>u</i>	<i>s</i>	<i>d</i>	<i>u</i>	<i>s</i>	<i>d</i>	<i>u</i>	<i>s</i>
3	110,9	978,68	3	123,5	1213,0	3	136,0	1472,5
4	111,2	984,23	4	123,8	1219,2	4	136,3	1479,3
5	111,5	989,80	5	124,1	1225,4	5	136,7	1486,2
6	111,8	995,38	6	124,4	1231,6	6	137,0	1493,0
7	112,2	1001,0	7	124,7	1237,9	7	137,3	1499,9
8	112,5	1006,6	8	125,0	1244,1	8	137,6	1506,7
9	112,8	1012,2	9	125,3	1250,4	9	137,9	1513,6
36,0	113,1	1017,9	40,0	125,7	1256,6	44,0	138,2	1520,5
1	113,4	1023,5	1	126,0	1262,9	1	138,5	1527,5
2	113,7	1029,2	2	126,3	1269,2	2	138,9	1534,4
3	114,0	1034,9	3	126,6	1275,6	3	139,2	1541,3
4	114,4	1040,6	4	126,9	1281,9	4	139,5	1548,3
5	114,7	1046,3	5	127,2	1288,2	5	139,8	1555,3
6	115,0	1052,1	6	127,5	1294,6	6	140,1	1562,3
7	115,3	1057,8	7	127,9	1301,0	7	140,4	1569,3
8	115,6	1063,6	8	128,2	1307,4	8	140,7	1576,3
9	115,9	1069,4	9	128,5	1313,8	9	141,1	1583,4
37,0	116,2	1075,2	41,0	128,8	1320,3	45,0	141,4	1590,4
1	116,6	1081,0	1	129,1	1326,7	1	141,7	1597,5
2	116,9	1086,9	2	129,4	1333,2	2	142,0	1604,6
3	117,2	1092,7	3	129,7	1339,6	3	142,3	1611,7
4	117,5	1098,6	4	130,1	1346,1	4	142,6	1618,8
5	117,8	1104,5	5	130,4	1352,7	5	142,9	1626,0
6	118,1	1110,4	6	130,7	1359,2	6	143,3	1633,1
7	118,4	1116,3	7	131,0	1365,7	7	143,6	1640,3
8	118,8	1122,2	8	131,3	1372,3	8	143,9	1647,5
9	119,1	1128,1	9	131,6	1378,9	9	144,2	1654,7
38,0	119,4	1134,1	42,0	131,9	1385,4	46,0	144,5	1661,9
1	119,7	1140,1	1	132,3	1392,0	1	144,8	1669,1
2	120,0	1146,1	2	132,6	1398,7	2	145,1	1676,4
3	120,3	1152,1	3	132,9	1405,3	3	145,5	1683,7
4	120,6	1158,1	4	133,2	1412,0	4	145,8	1690,9
5	121,0	1164,2	5	133,5	1418,6	5	146,1	1698,2
6	121,3	1170,2	6	133,8	1425,3	6	146,4	1705,5
7	121,6	1176,3	7	134,1	1432,0	7	146,7	1712,9
8	121,9	1182,4	8	134,5	1438,7	8	147,0	1720,2
9	122,2	1188,5	9	134,8	1445,5	9	147,3	1727,6
39,0	122,5	1194,6	43,0	135,1	1452,2	47,0	147,7	1734,9
1	122,8	1200,7	1	135,4	1459,0	1	148,0	1742,3
2	123,2	1206,9	2	135,7	1465,7	2	148,3	1749,7

<i>d</i>	<i>u</i>	<i>s</i>	<i>d</i>	<i>u</i>	<i>s</i>	<i>d</i>	<i>u</i>	<i>s</i>
3	148,6	1757,2	2	151,4	1824,7	1	154,3	1893,4
4	148,9	1764,6	3	151,7	1832,2	2	154,6	1901,2
5	149,2	1772,1	4	152,1	1839,8	3	154,9	1908,9
6	149,5	1779,5	5	152,4	1847,5	4	155,2	1916,7
7	149,9	1787,0	6	152,7	1855,1	5	155,5	1924,4
8	150,2	1794,5	7	153,0	1862,7	6	155,8	1932,2
9	150,5	1802,0	8	153,3	1870,4	7	156,1	1940,0
48,0	150,8	1809,6	9	153,6	1878,1	8	156,5	1947,8
			49,0	153,9	1885,7	9	156,8	1955,6
1	151,1	1817,1				50,0	157,1	1963,5

Sprostowanie.

Należy w tekście poprawić numerację §§ od strony 316 do końca.

Zamiast §§ 146 do 161 powinno być od 162 do 177.



400000000136256

BIBLIOTEKA GŁÓWNA
Politechniki Warszawskiej

NP. 2512

I Technika Elektrycznego

pod redakcją
prof. M. Pożaryskiego

- | | |
|--|------|
| Tom I. Koczyński W. inż. Silniki asynchroniczne | 3.- |
| Tom II. Rabanowski J. inż. Bibiło A. Lampy i oprawy | 4.- |
| Tom III. Monkiewicz T. inż. Ustawianie i obsługa maszyn elektrycznych | 3.50 |
| Tom IV. Jaros P. inż. Montaż kabli silnoprądowych | 5.- |
| Tom V. Kuliszewski T. inż. Elektryczne przyrządy pomiarowe | 4.80 |
| Tom VI. Diamand Z. inż. Drobny sprzęt instalacyjny | 4.50 |
| Tom VII. Monkiewicz T. inż. Budowa i działanie maszyn prądu stałego | 3.60 |
| Tom VIII. Nietupski A. inż., Gurewicz A. inż. Urządzenia elektryczne w galvanotechnice | 1.80 |
| Tom IX. Grabowski Z. inż. Budowa napowietrznych linii elektrycznych | 6.- |
| Tom X. Sechor B. inż. Bibiło A. Montaż lamp, opraw i reklam świetlnych | 4.- |

w d r u k u

- | | |
|---|--|
| Tom XI. Diamand Z. inż. Montaż przewodów wewnętrznych | |
|---|--|