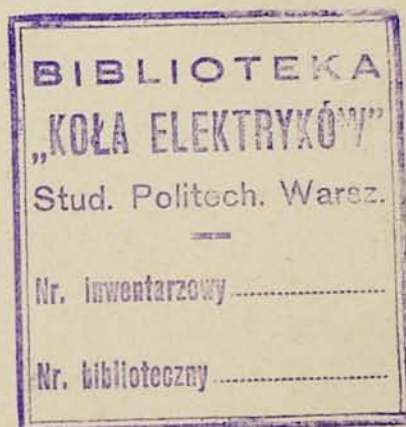


11557



MASZYNY ELEKTRYCZNE I PROSTOWNIKI



[Handwritten signature and blue ink stamp]

KOMISJA WYDAWNICZA
TOW. BRATNIEJ POMOCY STUDENTÓW POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ

MIECZYŚLAW POŻARYSKI
PROFESOR ELEKTROTECHNIKI OGÓLNEJ NA POLITECHNICE WARSZAWSKIEJ

MASZYNY ELEKTRYCZNE I PROSTOWNIKI

ZARYS BUDOWY I DZIAŁANIA

Z 332 RYSUNKAMI W TEKŚCIE I 6 TABLICAMI
NA PAPIERZE KREDOWYM



WARSZAWA — 1930



~~21448~~ C. 8152

Zakłady Drukarskie
F. Wyszyński i S-ka
Warszawa, Warecka 15



nr. 546

BG 03 P/339-40

PRZEDMOWA.

Opis budowy i działania maszyn elektrycznych i prostowników podany jest w książce w takim zakresie, który pozwala na uwydatnienie cech najbardziej charakterystycznych i najważniejszych.

Sposoby rozumowania wybrano najprostsze, prowadzące drogą najkrótszą do celu i dające możliwie jasne i łatwo uchwytnie obrazy zjawisk zachodzących w maszynach i prostownikach.

Przytaczając dane liczbowe i uwagi praktyczne miałem na myśli zakres zainteresowania osób, mających styczność z zastosowaniem maszyn elektrycznych w różnych działach techniki; pominąłem natomiast zagadnienia dotyczące obliczania i projektowania.

Spodziewam się, że przyszli specjaliści elektrotechnicy znajdą w tym zarysie wstęp do studiów głębszych, inni zaś zdobędą najniezbędniejsze wiadomości, potrzebne obecnie niemal każdemu inżynierowi.

Podstawę dla treści książki stanowiły przeważnie najnowsze wydawnictwa, których spis dalej podaję.

Panu prof. K. Żórawskiemu należy się wdzięczność za przejrzanie i skorygowanie rękopisu, oraz za rady przy redagowaniu niektórych działów.

Korektę druku prowadził p. inż. J. Pawlikowski łącznie z p. G. Hoffmanem, który wykonał również rysunki do tej książki.

Książka została wydana nakładem Komisji Wydawniczej Br. Pom. Stud. Politechniki Warszawskiej, jej też zasługą jest szata wydawnictwa.

A U T O R.

Warszawa w maju 1930 r.

SPIS RZECZY.

PRZEDMOWA	Str. V
SPIS RZECZY	VII
SPIS DZIEŁ z dziedziny maszyn elektrycznych i prostowników . . .	XIII

I. Prądnice elektryczne.

1. Wstęp	Str. 1
2. Składowe części prądnicy	4

II. Prądnice prądu stałego.

3. Uzwojenie pierścieniowe Pacinotti-Gramme'a.	Str. 5
4. Uzwojenie bębnowe Hefner-Altenicka	9
5. Uzwojenie bębnowe pętlicowe	9
6. Uzwojenie bębnowe faliste	13
7. Połączenia wyrównawcze	21
8. Komutacja prądu i zapobieganie iskrzeniu szczotek	24
9. Reakcja twornika	26
10. Uzwojenia kompensacyjne	28
11. Budowa twornika	29
12. Budowa magnesu	32
13. Szczotki	34
14. Obsługa szczotek i komutatora	35
15. Prądnica magnetoelektryczna	36
16. Prądnica obcowzbudna	36
17. Prądnica samowzbudna bocznikowa. Samowzbudzanie się prądnicy .	39
18. Charakterystyka obciążenia prądnicy bocznikowej	43
19. Zachowanie się prądnicy bocznikowej przy przeciążeniu	44
20. Prądnica samowzbudna głównikowa (szeregowa)	47
21. Prądnica samowzbudna bocznikowo-głównikowa	48
22. Prądnica na stały prąd o potrójnem wzbudzaniu	50
23. Prądnica E. Rosenberga na stałe napięcie przy zmiennej szybkości wirowania twornika	51

X

	Str.
24. Prądnica E. Rosenberga na zmienne napięcie	54
25. Prądnica bocznikowa w połączeniu z szynami rozdzielczymi	57
26. Dwie prądnice bocznikowe, włączone równolegle na szyny rozdzielcze	58
27. Równoległe połączenie prądnic bocznikowo-głównikowych	59
28. Równoległe połączenie prądnicy bocznikowej z bocznikowo-głównikową	59
29. Równoległe połączenie prądnicy z akumulatorami i podwójną ładownicą	60
30. Zastosowanie prądnicy dodawczej	62
31. Buforowa bateria akumulatorów	63
32. Szeregowe połączenie prądnic	64
33. Układ trójprzewodowy z jedną prądnicą i rozdziałem napięcia za pomocą baterji akumulatorów	64
34. Układ trójprzewodowy z jedną prądnicą i rozdziałem napięcia za pomocą przetwornicy dwumaszynowej	65
35. Prądnica trójprzewodowa Doliwo-Dobrowolskiego	66

III. Prądnice prądu zmiennego.

	Str.
36. Siła elektromotoryczna, powstająca w elemencie uzwojenia tworników prądu stałego	68
37. Siły elektromotoryczne w dwu elementach uzwojenia	70
38. Napięcie pomiędzy dwoma przeciwległymi punktami uzwojenia dwubiegunowego	72
39. Napięcie prądu trójfazowego, otrzymanego z zamkniętego uzwojenia dwubiegunowego	73
40. Napięcie prądu sześciofazowego, otrzymanego z zamkniętego uzwojenia dwubiegunowego	74
41. Liczby z praktyki, wyrażające stosunki skutecznej wartości napięcia zmiennego do napięcia stałego	74
42. Odgałęzienia w uzwojeniach wielobiegunowych	75
43. Uzwojenia rozcięte	75
44. Prądnica prądu zmiennego z nieruchomym twornikiem i wirującą magniesnicą	77
45. Moc, napięcie i liczba obrótów na minutę oraz częstotliwość prądnic prądu zmiennego	79
46. Jednofaz. uzwojenie nieruchomego twornika prądnic prądu zmiennego	80
47. Uzwojenie dwufazowe	83
48. Uzwojenie trójfazowe	84
49. Kojarzenie uzwojeń trójfazowych	85
50. Siła elektromotoryczna prądnic prądu zmiennego	86
51. Reakcja twornika w prądnicach prądu zmiennego	88
52. Indukcyjny i omowy spadek napięcia w tworniku	89
53. Zewnętrzne charakterystyki prądnic prądu zmiennego	90
54. Warunki równoległej pracy prądnic jednofazowych	92
55. Wpływ zmiany wzbudzenia prądnicy na prąd w tworniku	93
56. Zmiana rozkładu obciążenia na prądnicach prądu zmiennego, pracujących w połączeniu równoległym	96
57. Kołysanie się prądnicy pod wpływem zmiennego momentu obrotowego silnika napędowego	97
58. Moment synchronizujący prądnice prądu zmiennego, połączonych równolegle	99

XI

	Str.
59. Kołysanie się własne prądnicy prądu zmiennego, połączonej równoległe z innymi prądnicami	100
60. Kołysanie się wymuszone równoległe połączonych prądnic prądu zmiennego	101
61. Regulatory silników napędowych prądnic, równoległe połączonych .	105
62. Tłumienie kołysania się prądnic równoległe połączonych	106
63. Dławiki tłumiące w obwodach prądnic, równoległe połączonych . .	106
63a. Równoległe połączenie prądnic trójfazowych	107

IV. Transformatory.

	Str.
64. Zasada budowy	108
65. Stosunek prądów w transformatorze	109
66. Spadek napięcia w transformatorze	111
67. Wykres wektorowy obciążonego transformatora	111
68. Obliczenie spadku napięcia	112
69. Wykres Kappa	114
70. Zwarcie transformatora	116
71. Stan jałowy transformatora	117
72. Sprawność transformatora	118
73. Budowa transformatorów	118
74. Autotransformatory	121
75. Równoległe połączenie kilku transformatorów	122

V. Przetwarzanie prądu trójfazowego na prąd stały.

	Str.
76. Przetwornica dwumaszynowa silnikowo-prądnicowa	126
77. Przetwornica jednomaszynowa	126

VI. Prostowniki.

	Str.
78. Zasady ustroju i włączania prostowników	129
79. Wyrównywanie prądu tętniącego	131
80. Prostownik mechaniczny	132
81. Prostownik chemiczny	133
82. Próżniowy prostownik katodowy	134
83. Prostownik katodowy z bańką wypełnioną gazem	134
84. Prostowniki jarzące	136
85. Prostownik rtęciowy	137
86. Prądy i napięcia w prostowniku rtęciowym	141
87. Prostownik tlenkowy	143

VII. Silniki elektryczne prądu stałego.

	Str.
88. Moment obrotowy silnika prądu stałego	145
89. Bieg luzem silnika o stałym polu magnetycznym	148
90. Bieg silnika pod obciążeniem	149
91. Reakcja twornika i bieguny zwrotne	149

XII

	Str.
92. Rozruch silnika bocznikowego	151
93. Bieg silnika bocznikowego przy obciążeniu	152
94. Regulacja szybkości biegu silnika bocznikowego zapomocą oporu w obwodzie twornika	155
95. Regulacja szybkości biegu silnika bocznikowego oporem w obwodzie elektromagnesów	156
96. Regulacja szybkości biegu silnika bocznikowego zapomocą zmiany napięcia prądu, zasilającego twornik	159
97. Rozruch silnika szeregowego	162
98. Bieg silnika szeregowego	163
99. Regulacja szybkości biegu silnika opornikiem szeregowym	165
100. Regulacja szybkości biegu silnika szeregowego przez bocznikowanie uzwojenia elektromagnesów	165
101. Regulacja biegu silnika szeregowego przez przełączenie cewek magnetycznych	166
102. Regulacja biegu silnika szeregowego przez zmianę napięcia prądu zasilającego	167
103. Hamowanie elektryczne	168
104. Odzyskiwanie energii zapomocą silników elektrycznych	169
105. Silnik bocznikowo-szeregowy na duży moment rozruchu	170
106. Silnik bocznikowo-szeregowy na stały bieg	171
107. Budowa silników prądu stałego	171

VIII. Synchroniczne silniki prądu zmiennego.

	Str.
108. Zasada budowy silników synchronicznych	173
109. Rozruch silnika synchronicznego	173
110. Bieg silnika synchronicznego	174
111. Zmiany w prądzie, pobieranym przez silnik synchroniczny, w zależności od zmiany wzbudzania jego magnetycznej przy stałym obciążeniu	176
112. Silnik synchroniczny, jako przesuwnik fazowy	177

IX. Silniki trójfazowe asynchroniczne.

	Str.
113. Budowa silnika trójfazowego asynchronicznego	179
114. Pole magnetyczne, wytworzone przez prąd trójfazowy w uzwojeniu stojana	181
115. Prądy indukowane w wirniku	184
116. Pole magnetyczne obciążonego silnika	185
117. Moment obrotowy trójfazowego silnika asynchronicznego	186
118. Zależność momentu obrotowego od szybkości biegu silnika	189
119. Zależność szybkości biegu silnika od obciążenia	192
120. Zależność momentu obrotowego od napięcia prądu zasilającego silnik	193
121. Prąd biegu luzem w silniku asynchronicznym	193*
122. Rozruch silnika asynchronicznego o zwartym wirniku zapomocą trójbiegunowego wyłącznika	193
123. Rozruch silnika asynchronicznego przy pomocy przełącznika gwiazda-trójkąt	195

XIII

	Str.
124. Rozruch silnika zapomocą stopniowego transformatora.	196
125. Rozruch silnika zapomocą opornika w obwodzie stojana	196
126. Rozruch silnika przez stopniowe powiększanie częstotliwości prądu zasilającego stojan	197
127. Rozruch zapomocą opornika w obwodzie wirnika	197
128. Rozruch zapomocą oporników wbudowanych do wirnika	198
129. Rozruch silników z podwójnym uzwojeniem wirnika	198
130. Rozruch silnika z wirnikiem o uzwojeniach przeciwsobnych	199
131. Rozruch przy zastosowaniu sprzęgieł mechanicznych samoczynnych	200
132. Regulacja szybkości biegu silników asynchronicznych zapomocą oporników w obwodzie wirnika	200
133. Strata energii przy regulacji opornikiem w wirniku.	201
134. Regulacja szybkości biegu silnika asynchronicznego przez zmianę liczby biegunów	202
135. Regulacja szybkości biegu silników asynchronicznych przez zmianę częstotliwości prądu zasilającego silnik	203
136. Regulacja biegu silników przez połączenie dwóch silników w kaskadę	203
137. Regulacja biegu silnika asynchronicznego zapomocą przetwornicy	206
138. Spółczynnik mocy prądu w silnikach asynchronicznych	207
139. Silniki asynchroniczne synchronizowane	208
140. Silnik asynchroniczny z przesuwnikiem fazowym	209
141. Przetwornica kaskadowa	211
142. Prądnica asynchroniczna	215

X. Silniki asynchroniczne jednofazowe.

	Str.
143. Zasada ustroju i działania	217
144. Silnik trójfazowy asynchroniczny z przerwany dopływem prądu w jednej fazie	221

XI. Silniki komutatorowe prądu zmiennego.

	Str.
145. Wirnik z komutatorem w zmiennym polu magnetycznym.	222
146. Siła elektromotoryczna ruchu.	223
147. Siła elektromotoryczna transformacji	224
148. Szeregowy silnik komutatorowy na prąd zmienny	225
149. Komutacja w szeregowym silniku komutatorowym	226
150. Moment obrotowy i współczynnik mocy, szeregowego silnika komutatorowego	228
151. Silnik repulsyjny z jedną parą szczotek na jedną parę biegunów	230
152. Moment obrotowy silnika repulsyjnego z jedną parą szczotek na jedną parę biegunów	231
153. Silnik repulsyjny z dwiema parami szczotek na jedną parę biegunów.	234
154. Boczniowy silnik komutatorowy jednofazowy	235
155. Wirnik z komutatorem, zasilany prądem trójfazowym	238
156. Zasada ustroju trójfazowego silnika komutatorowego szeregowego	239
157. Siły elektromotoryczne i napięcia indukowane w uzwojeniach stojana i wirnika	241

XIV

	Str.
158. Prąd w powyższym silniku	244
159. Moment obrotowy trójfazowego szeregowego silnika komutatorowego	245
160. Wpływ transformatora pomiędzy stojanem i wirnikiem na bieg silnika	249
161. Trójfazowy silnik komutatorowy bocznikowy	249

XII. Sprawność maszyn elektrycznych.

	Str.
162. Określenie pojęcia sprawności.	251
163. Sprawność prądnic prądu stałego	252
164. Sprawność silników prądu stałego	255
165. Sprawność synchronicznych prądnic prądu trójfazowego	255
166. Sprawność asynchronicznych silników trójfazowych.	256
167. Sprawność transformatorów	258

XIII. Wykres kołowy silników trójfazowych asynchronicznych.

	Str.
168. Obwód zastępczy silnika trójfazowego asynchronicznego	260
169. Koło wykresu.	264
170. Moc pobrana przez silnik z sieci na wykresie kołowym	268
171. Moc mechaniczna silnika na wykresie kołowym.	269
172. Moc całkowita pobrana przez wirnik na wykresie kołowym	272
173. Moment obrotowy silnika	275
174. Wyznaczenie kierunku cięciwy $A_0 A_\infty$	276
175. Wyznaczenie poślizgu z wykresu kołowego	278
176. Własności maszyny asynchronicznej na podstawie wykresu ko- łowego	279
177. Asynchroniczna przetwornica częstotliwości	280

XIV. Wykres kołowy silnika asynchronicznego trójfazowego według Blondela-Heylanda.

	Str.
178. Koło wykresu Blondela-Heylanda.	285
179. Moc pobrana przez silnik	288
180. Moc pobrana przez wirnik	288
181. Moc mechaniczna silnika	290
182. Wykreślenie koła na podstawie pomiarów.	291
183. Wykreślenie łuku, wyznaczającego moc pobraną przez wirnik i mo- ment obrotowy silnika	292
184. Wykreślenie łuku, wyznaczającego moc mechaniczną oddaną przez silnik.	294
185. Wyznaczenie poślizgu	294
SKOROWIDZ ALFABETYCZNY	299
SPRÓSTOWANIE.	303



SPIS DZIEŁ Z DZIEDZINY MASZYN ELEKTRYCZNYCH I PROSTOWNIKÓW.

- Prof. P. Janet.* Leçons d'électrotechnique générale. Tom I, II i III.
Ganthier-Villars. Paris.
- Prof. E. Arnold.* Wechselstromtechnik.
Tom I Theorie der Wechselströme.
„ II Die Transformatoren.
„ III Die Wicklungen der Wechselstrommaschinen.
„ IV Die synchronen Wechselstrommaschinen, Generatoren, Moto-
ren Umformer.
„ V Die asynchrone Wechselstrommaschinen.
Julius Springer. Berlin.
- Arnold-la Cour.* Die Gleichstrommaschine. Tom I i II.
Julius Springer. Berlin.
- Prof. Rudolf Richter.* Ankerwicklungen für Gleichstrom- und Wechselstrom-
maschinen.
Julius Springer. Berlin.
- Prof. Rudolf Richter.* Elektrische Maschinen.
Tom I Allgemeine Berechnungselemente. Die Gleichstrommaschinen¹⁾
„ II Synchronmaschinen u. Einankerumformer¹⁾.
Julius Springer. Berlin.
- Pr. Dr. Adolf Thomälen.* Kurzes Lehrbuch der Elektrotechnik. 10-te wydanie
przerobione.
Julius Springer. Berlin.
- Dr. Ing. M. Liwschitz.* Die elektrische Maschinen. Einführung in ihre Theorie und
Praxis¹⁾.
B. G. Teubner Leipzig. Berlin.
- Prof. J. Fischer - Hinnen.* Lehrbuch für Elektrotechniker mit besonderer Be-
rücksichtigung der Berechnung u. Prüfung von Maschinen u. Transfor-
matoren.
Albert Raustein Zürich.

¹⁾ Zawiera wykaz literatury o maszynach elektrycznych.

XVI

Dip. Ing. Wilh. Lehmann. Die Elektrotechnik u. die Elektromotorische Antriebe. Julius Springer. Berlin.

Prof. Dr. Ing. A. Güntherschulze. Elektrische Gleichrichter u. Ventile¹⁾. Julius Springer. Berlin.

Ing. Kurt Emil Müller. Der Quecksilberdampf-Gleichrichter. Tom I i II. Julius Springer. Berlin.

Dip. Ing. J. Just. Gleichrichter (Sammlung Götschen). Walter de Gruyter & Co. Berlin u. Leipzig.

E. v. Rziha u. I. Seidener. Starkstromtechnik. Taschenbuch für elektrotechniker. Tom I i II. W. Ernst & Sohn. Berlin.

Dr. Ing. G. Deltmar. Deutscher Kalender für Elektrotechniker begründet von F. Uppenborn. R. Oldenburg. München u. Berlin.

¹⁾ Zawiera wykaz literatury i patentów.