

Spis treści

1. Wprowadzenie	7
2. Ogólne wiadomości o maszynach elektrycznych	13
2.1. Zjawiska fizyczne w pracy maszyn elektrycznych	13
2.2. Zasada odwracalności pracy maszyn elektrycznych	21
2.3. Straty i sprawność maszyn elektrycznych	24
2.4. Nagrzewanie się i stygnięcie maszyn. Rodzaje pracy	25
2.5. Konstrukcja i chłodzenie maszyn elektrycznych	30
2.6. Wielkości charakteryzujące pracę maszyn elektrycznych	35
2.7. Właściwości ruchowe maszyn elektrycznych	38
2.8. Ogólne zasady eksploatacji maszyn elektrycznych	38
3. Materiały stosowane do budowy maszyn elektrycznych	43
3.1. Materiały przewodzące	43
3.2. Materiały magnetyczne	46
3.3. Materiały elektroizolacyjne	50
3.4. Materiały konstrukcyjne	52
4. Transformatory	54
4.1. Wiadomości ogólne	54
4.2. Zasada działania transformatora	56
4.3. Podstawowe określenia i tabliczka znamionowa	59
4.4. Budowa transformatorów	62
4.4.1. Budowa transformatorów energetycznych	62
4.4.2. Budowa transformatorów małej mocy	70
4.5. Analiza pracy transformatora	71
4.5.1. Stan jałowy i obwód magnetyczny transformatora	72
4.5.2. Stan obciążenia	81
4.5.3. Stan zwarcia. Zwarcie pomiarowe	86
4.5.4. Stany nieustalone w pracy transformatora: włączanie transformatora i zwarcie awaryjne	90
4.6. Transformatory energetyczne	92
4.6.1. Transformowanie w układzie trójfazowym	93
4.6.2. Układy i grupy połączeń transformatorów trójfazowych	94
4.6.3. Wpływ trzeciej harmonicznej na pracę transformatora trójfazowego	100
4.6.4. Obciążenie niesymetryczne transformatora trójfazowego	104
4.6.5. Praca równoległa transformatorów	105
4.6.6. Regulacja napięcia w transformatorze	108
4.7. Straty i sprawność	110
4.8. Transformatory specjalne	112
4.8.1. Autotransformator	112
4.8.2. Transformator trójzwojeniowy	115
4.8.3. Przekładniki	115
4.8.4. Transformator do zmiany liczby faz	118
4.8.5. Transformator spawalniczy	118
4.8.6. Transformatory stosowane w układach elektronicznych i układach automatyki	120

4.9. Typowe uszkodzenia transformatorów energetycznych	121
4.10. Uproszczony projekt transformatora małej mocy	122
5. Pola magnetyczne w maszynach elektrycznych i uzwojenia bezkomutatorowych maszyn prądu przemiennego	124
5.1. Pola magnetyczne w maszynach elektrycznych i sposoby ich wytwarzania	124
5.2. Rodzaje uzwojeń i sposoby ich graficznego odwzorowywania	132
5.3. Łączenie uzwojeń trójfazowych	135
5.4. Uzwojenia dwufazowe i jednofazowe	136
5.5. Uzwojenia o przełączalnej liczbie biegunów	136
5.6. Wymagania stawiane uzwojeniom	137
6. Maszyny indukcyjne	139
6.1. Wiadomości ogólne	139
6.2. Budowa maszyn indukcyjnych	140
6.3. Podstawowe zjawiska występujące podczas pracy maszyny indukcyjnej. Zasada działania silnika trójfazowego	145
6.4. Stany pracy maszyny indukcyjnej	148
6.5. Schemat zastępczy maszyny indukcyjnej	150
6.6. Bilans mocy czynnej w maszynie indukcyjnej. Sprawność	152
6.7. Moment elektromagnetyczny maszyny indukcyjnej	156
6.7.1. Zależność między mocą i momentem	156
6.7.2. Zależność momentu od poślizgu	157
6.7.3. Wpływ zmian napięcia zasilającego i zmian rezystancji w obwodzie wirnika na przebieg momentu	158
6.8. Praca silnikowa maszyny indukcyjnej	161
6.8.1. Bieg jałowy silnika indukcyjnego	161
6.8.2. Stan zwarcia silnika indukcyjnego	162
6.8.3. Stan obciążenia silnika indukcyjnego. Praca stabilna	164
6.8.4. Tabliczka znamionowa silnika indukcyjnego	168
6.8.5. Praca silnika indukcyjnego trójfazowego w warunkach różnych od znamionowych	169
6.9. Użytkowanie silników indukcyjnych	172
6.9.1. Rozruch silników indukcyjnych	172
6.9.2. Zmiana kierunku wirowania i regulacja prędkości	178
6.9.3. Hamowanie	183
6.9.4. Typowe uszkodzenia silników indukcyjnych, ich objawy i sposoby usuwania	185
6.10. Silniki indukcyjne o budowie specjalnej	190
6.10.1. Silniki dwuklatkowe i głębokożłobkowe	191
6.10.2. Silniki jednofazowe	193
6.10.3. Silniki dwufazowe	198
6.10.4. Silniki indukcyjne liniowe	200
6.11. Specjalne zastosowania maszyn indukcyjnych	202
6.11.1. Maszyna indukcyjna jako transformator	202
6.11.2. Maszyna indukcyjna jako przesuwnik fazowy	203
6.11.3. Maszyna indukcyjna jako przetwornica częstotliwości	204
6.11.4. Sprzęgła indukcyjne	204
6.11.5. Silnik indukcyjny w układzie łącza selsynowego	205

7. Maszyny synchroniczne	207
7.1. Wiadomości ogólne	207
7.2. Budowa maszyn synchronicznych	211
7.3. Analiza pracy i właściwości ruchowych maszyn synchronicznych	217
7.3.1. Wiadomości ogólne	217
7.3.2. Bieg jałowy prądnicy synchronicznej	218
7.3.3. Schemat zastępczy i wykres wektorowy maszyny synchronicznej	219
7.3.4. Zwarcie maszyny synchronicznej	222
7.3.5. Praca indywidualna prądnicy — charakterystyki: zewnętrzna i regulacyjna	223
7.3.6. Moc i moment obrotowy. Przeciężalność	226
7.3.7. Stabilność pracy	230
7.3.8. Krzywe V	231
7.4. Praca równoległa maszyn synchronicznych	232
7.4.1. Wiadomości ogólne	232
7.4.2. Sposoby przyłączania prądnic do pracy równoległej	233
7.4.3. Właściwości ruchowe prądnicy przy pracy równoległej	235
7.5. Silnik synchroniczny	238
7.5.1. Wiadomości ogólne	238
7.5.2. Rozruch silników synchronicznych	238
7.5.3. Właściwości ruchowe silnika synchronicznego	240
7.6. Maszyny synchroniczne specjalne	242
7.6.1. Kompensator synchroniczny	242
7.6.2. Silniki reluktancyjne	243
7.6.3. Silniki skokowe	244
7.6.4. Silniki z magnesami trwałymi	247
7.6.5. Silniki histerezyowe	249
7.7. Typowe uszkodzenia prądnic synchronicznych, ich objawy i sposoby usuwania	250
8. Maszyny prądu stałego	252
8.1. Wiadomości ogólne	252
8.2. Zasada działania maszyny prądu stałego	252
8.3. Budowa maszyn prądu stałego	256
8.4. Podstawowe określenia i układy połączeń	258
8.5. Uzwojenia maszyn prądu stałego	261
8.5.1. Rodzaje uzwojeń	261
8.5.2. Wielkości charakterystyczne uzwojeń tworników	261
8.5.3. Symetria uzwojenia i ustawienie szczotek	263
8.6. Obwód magnetyczny maszyny prądu stałego	265
8.7. Siła elektromotoryczna i moment w maszynie prądu stałego	268
8.8. Zjawiska towarzyszące pracy maszyn prądu stałego	270
8.8.1. Oddziaływanie twornika	270
8.8.2. Komutacja	273
8.8.3. Straty i sprawność	275
8.9. Prądnice prądu stałego	276
8.9.1. Wiadomości ogólne	276
8.9.2. Porównanie prądnic prądu stałego	278

8.10. Silniki prądu stałego	284
8.10.1. Wiadomości ogólne	284
8.10.2. Porównanie silników prądu stałego	285
8.10.3. Rozruch silników prądu stałego	290
8.10.4. Regulacja prędkości obrotowej	292
8.11. Maszyny specjalne prądu stałego	294
8.11.1. Prądnica unipolarna	295
8.11.2. Prądnica tachometryczna	295
8.11.3. Maszyny wzbudzane magnesami trwałymi	296
8.11.4. Silniki z wirnikiem drukowanym	297
8.11.5. Silniki wykonawcze	299
8.11.6. Wzmacniacze elektromaszynowe	300
8.12. Typowe uszkodzenia silników prądu stałego, ich objawy i sposoby usuwania	303
9. Maszyny komutatorowe prądu przemiennego	305
9.1. Wiadomości ogólne	305
9.2. Silniki komutatorowe jednofazowe	305
9.2.1. Silnik szeregowy	305
9.2.2. Silnik bocznikowy	307
9.2.3. Silnik repulsyjny	307
10. Zadania sprawdzające	309
11. Test sprawdzający	330
Dodatki	
1. Podstawowe wielkości występujące w maszynach elektrycznych, ich definicje i jednostki	336
2. Analogie między obwodami elektrycznymi i magnetycznymi	340
3. Podstawowe zależności wykorzystywane przy obliczeniach maszyn elektrycznych	341
4. Podstawowe prawa i reguły stosowane w maszynach elektrycznych	342
5. Wybrane symbole graficzne transformatorów i maszyn elektrycznych	343
6. Oznaczenia literowe typów silników elektrycznych	345
7. Podstawowe właściwości silników indukcyjnych	348
8. Porównanie właściwości silników elektrycznych	349
Literatura	351
Normy	352
Indeks	353