

Przedmowa	9
Wykaz ważniejszych oznaczeń	13
Wprowadzenie	17
1. Elektrodyynamika maszyn elektrycznych	21
1.1. Podstawy matematyczne i fizyczne zjawisk w maszynach elektrycznych	21
1.2. Podstawowe zależności energetyczne i elektrodynamiczne	26
1.3. Formy pola elektromagnetycznego, reprezentacje potencjalowe i ogólne rozwiązania równań pola	36
2. Konstrukcje maszyn elektrycznych	46
2.1. Konstrukcje maszyn komutatorowych	55
2.2. Konstrukcje maszyn asynchronicznych (indukcyjnych)	57
2.3. Konstrukcje maszyn synchronicznych	61
2.4. Konstrukcje maszyn specjalnych	66
2.4.1. Maszyny przelączalne	66
2.4.2. Konstrukcje silników liniowych	69
2.4.3. Konstrukcje silników o ruchu złożonym	72
2.5. Konstrukcje transformatorów	74
3. Obwody magnetyczne maszyn elektrycznych	79
3.1. Ogólne własności i zasady budowy obwodów magnetycznych	79
3.2. Struktury obwodów magnetycznych	84
3.3. Obwód magnetyczny maszyn komutatorowych	89
3.4. Obwód magnetyczny maszyn asynchronicznych	92
3.5. Obwód magnetyczny maszyn synchronicznych	93
3.6. Obwody magnetyczne maszyn specjalnych	97
3.6.1. Obwód magnetyczny silnika skokowego reluktancyjnego	97
3.6.2. Obwód magnetyczny silnika skokowego hybrydowego	98
3.6.3. Obwody magnetyczne silników liniowych	100
3.7. Obwód magnetyczny transformatora	102
4. Obwody elektryczne maszyn elektrycznych	105
4.1. Elementy konstrukcyjne uzwojeń	109
4.2. Parametry strukturalne uzwojeń	110
4.3. Ocena własności uzwojeń	113
4.4. Uzwojenia komutatorowe	116
4.5. Uzwojenia pasmowe	125

4.6.	Uzwojenia skupione	133
4.7.	Uzwojenia zwarte	136
4.8.	Uzwojenia maszyn specjalnych	137
4.9.	Schematy połączeń uzwojeń maszyn	138
4.10.	Uzwojenia transformatorów	140
4.11.	Parametry obwodowe uzwojeń	144
5.	Zasady działania maszyn elektrycznych	152
5.1.	Podstawowe pojęcia i zależności elektromagnetyczne maszyn elektrycznych	153
5.2.	Pola magnetyczne	156
5.2.1.	Funkcje rozkładu pola magnetycznego	162
5.2.2.	Funkcje rozkładu wypadkowych pól magnetycznych w obszarze szczelinowym maszyn	173
5.3.	Zasada działania maszyn komutatorowych	182
5.4.	Zasada działania maszyn asynchronicznych	191
5.5.	Zasada działania maszyn synchronicznych	195
5.6.	Zasada działania maszyn z uzwojeniami cyklicznie przełączalnymi	199
5.7.	Zasada działania transformatorów	201
6.	Modele maszyn elektrycznych	205
6.1.	Modele polowe	207
6.1.1.	Modelowanie analityczne maszyn	207
6.1.2.	Modelowanie dyskretno-liczbowe maszyn	213
6.2.	Modele obwodowe	217
6.2.1.	Współrzędne uogólnione, więzy, parametry, równania	218
6.2.2.	Transformacje współrzędnych elektrycznych i parametrów modeli matematycznych maszyn	231
6.3.	Równania obwodowych modeli maszyn	238
6.3.1.	Maszyny komutatorowe	238
6.3.2.	Maszyny asynchroniczne	239
6.3.3.	Maszyny synchroniczne	258
6.3.4.	Model maszyny uogólnionej	268
6.3.5.	Model silnika skokowego	274
6.3.6.	Model transformatora	276
7.	Podstawowe stany pracy maszyn elektrycznych	280
7.1.	Stany bezobciążeniowe – jałowe maszyn	281
7.1.1.	Stan jałowy prądnic	281
7.1.2.	Stan jałowy silników	285
7.1.3.	Stan jałowy transformatora	292
7.1.4.	Uwagi o stanach jałowych maszyn specjalnych	294
7.2.	Stan zwarcia ustalonego	294
7.2.1.	Stan zwarcia maszyn komutatorowych	295
7.2.2.	Stan zwarcia silników asynchronicznych	297
7.2.3.	Stan zwarcia maszyn synchronicznych	299
7.2.4.	Uwagi o stanach zwarcia maszyn specjalnych	300
7.2.5.	Stan zwarcia transformatorów	301
7.3.	Stany eksploatacyjne maszyn elektrycznych	302
7.3.1.	Stany eksploatacyjne prądnic	303
7.3.2.	Stany eksploatacyjne silników	321

7.3.3. Stany eksploatacyjne maszyn specjalnych	346
7.3.4. Stany eksploatacyjne transformatorów	350
8. Włączanie i współpraca maszyn z siecią energetyczną	354
8.1. Stany rozruchowe silników elektrycznych	354
8.1.1. Rozruch silników komutatorowych	356
8.1.2. Rozruch silników asynchronicznych	358
8.1.3. Rozruch silników synchronicznych	365
8.2. Współpraca prądnicy synchronicznej z siecią sztywną	369
8.2.1. Synchronizacja prądnicy synchronicznej z siecią	369
8.2.2. Współpraca maszyny synchronicznej z siecią – regulacja mocy	373
8.3. Współpraca transformatora z siecią	376
8.3.1. Załączenie transformatora w stanie bezobciążeniowym	376
8.3.2. Proces magnesowania transformatora	378
8.3.3. Praca równoległa transformatorów	383
9. Modele i stany dynamiczne maszyn elektrycznych	388
9.1. Ogólny model dynamiczny maszyny	389
9.2. Opis stanów dynamicznych maszyn na podstawie modelu uogólnionego	391
9.3. Stany dynamiczne silników	403
9.3.1. Model i stan dynamiczny silnika bocznikowego prądu stałego	403
9.3.2. Model i stan dynamiczny silnika szeregowego prądu stałego	406
9.3.3. Modele i stany dynamiczne silnika asynchronicznego	407
9.4. Modele i stany dynamiczne maszyn synchronicznych	412
9.4.1. Zwarcie udarowe prądnicy synchronicznej	412
9.4.2. Stany dynamiczne silnika synchronicznego	418
9.5. Model i stan dynamiczny silnika skokowego	424
9.6. Model i stan dynamiczny transformatora	428
10. Straty mocy i zagadnienia ciepłno-wentylacyjne maszyn elektrycznych	432
10.1. Straty mocy i sprawność maszyn elektrycznych	432
10.2. Zagadnienia ciepłne maszyn	442
10.2.1. Elementy ciepłne i warunki nagrzewania maszyn	442
10.2.2. Model ciepłny maszyny	445
10.3. Zagadnienia chłodzenia i wentylacji	452
10.3.1. Obwód wentylacyjny	454
10.3.2. Charakterystyka obwodu wentylacyjnego	456
11. Zagadnienia mechaniczne, wibracyjne i akustyczne maszyn elektrycznych	459
11.1. Zagadnienia wytrzymałościowe	460
11.2. Efekty wibracyjne maszyn elektrycznych	461
11.3. Efekty akustyczne maszyn elektrycznych	465
12. Uwagi metodyczne o zasadach projektowania maszyn elektrycznych	470
12.1. Zasady projektowania obwodów magnetycznych	471
12.2. Zasady projektowania uzwojeń	484
13. Perspektywy rozwoju maszyn elektrycznych	491
Literatura	494
Skorowidz ważniejszych terminów	497