

Spis treści

Słowo wstępne	9
1. Historia rozwoju przetworników elektromechanicznych	11
1.1. Wstęp	11
1.2. Początkowy okres badań magnetyzmu i elektryczności	12
1.3. Twórcy elektrotechniki i maszyn elektrycznych	17
1.4. Rozwój teorii maszyn elektrycznych	33
1.5. Przemysł maszyn elektrycznych w Polsce	36
1.6. Podsumowanie	38
Literatura do rozdziału 1	39
2. Przetworniki elektromechaniczne	41
2.1. Przetwarzanie energii	41
2.2. Gabaryt i moc maszyny elektrycznej	44
2.3. Rozwój przetworników elektromechanicznych i transformatorów	47
Literatura do rozdziału 2	49
3. Magnesy trwałe i ich parametry	50
3.1. Definicja parametrów ferromagnetyków i magnesów trwałych	50
3.2. Historia rozwoju magnesów trwałych	57
3.3. Korzyści wynikające ze stosowania magnesów trwałych w maszynach elektrycznych	60
Literatura do rozdziału 3	61
4. Magnesowanie magnesów trwałych	62
4.1. Obwody magnetyczne z magnesami trwałymi	62
4.2. Magnesowanie magnesów trwałych	66
Literatura do rozdziału 4	75
5. Obliczanie obwodów magnetycznych wzbudzanych magnesami trwałymi	76
5.1. Graficzno-analityczna metoda obliczania punktu pracy magnesu trwałego	76
5.2. Obliczanie strumienia magnetycznego maszyn elektrycznych wzbudzanych magnesami trwałymi metodą obwodową	80
5.3. Obliczanie rozkładu pola magnetycznego w maszynach elektrycznych wzbudzanych magnesami trwałymi metodą polową	83
5.4. Zmiana położenia punktu pracy magnesu trwałego spowodowana przez zewnętrzne pole magnetyczne	85
Literatura do rozdziału 5	87

6. Silniki o trzech zębach twornika	89
6.1. Budowa silnika	89
6.2. Model matematyczny silnika dla sinusoidalnego rozkładu pola w szczelinie i uzwojeń połączonych w gwiazdę	92
6.3. Funkcja $F(9)$ dla dowolnych rozkładów pola magnetycznego w szczelinie mikrosilnika	99
6.4. Zagadnienie równoważności uzwojenia gwiazdowego i trójkątnego	106
6.5. Skręcenie magnesów trwałych względem żłobków twornika	109
6.6. Pulsacje napięcia rotacji i prędkości obrotowej	112
Literatura do rozdziału 6	113
 7. Maszyny komutatorowe prądu stałego wzbudzone magnesami trwałymi	 114
7.1. Budowa maszyny	114
7.2. Projekt wstępny obwodu elektromagnetycznego silnika	116
7.2.1. Przykład określania wymiarów silnika	119
7.3. Silnik tarczowy prądu stałego	127
7.4. Dynamika działania serwo-silników	130
7.4.1. Przykład wyznaczania elektromagnetycznej stałej czasowej	135
7.5. Wykorzystanie silników prądu stałego wzbudzanych magnesami trwałymi do napędu urządzeń mobilnych	137
Literatura do rozdziału 7	140
 8. Silnik z komutacją elektroniczną	 142
8.1. Budowa silnika	142
8.2. Mikrosilnik z uzwojeniem skupionym	144
8.3. Mikrosilnik z dwufazowym uzwojeniem twornika	147
8.4. Algorytm obliczeń projektowych silnika o uzwojeniu rozłożonym	148
8.4.1. Przykład silnika z magnesami ferrytowymi	155
8.4.2. Przykład silnika z magnesami NdFeB	160
8.5. Rozwiązania konstrukcyjne silników BLDC	164
8.5.1. Uzwojenie twornika	165
8.5.2. Wirnik z magnesami trwałymi	167
8.5.3. Momenty reluktancyjne	168
8.6. Sterowanie silników z komutacją elektroniczną	171
8.6.1. Zasada sterowania silników	171
8.6.2. Sterowanie trapezowe	173
8.6.3. Sterowanie sinusoidalne	176
8.7. Model matematyczny silnika BLDC	177
8.7.1. Założenia	177
8.7.2. Model matematyczny	179
8.8. Silniki asynchroniczne synchronizowane (SASPM)	184
8.8.1. Przykład silnika z klatkowym uzwojeniem wirnika	185
8.8.2. Przykład silnika z pierścieniowym uzwojeniem wirnika	190
8.9. Silnik tarczowy z komutatorem elektronicznym	196
8.9.1. Silnik z wydajnymi biegunami twornika	200

8.9.2. Silnik bezrdzeniowy	203
8.9.3. Sposób wykonania wirnika tarczowego z magnesami trwałymi	206
8.10. Pomiar kąta położenia magnesów trwałych względem osi uzwojenia	210
8.11. Regulacja prędkości obrotowej	213
8.11.1. Sterowanie trapezowe	216
8.11.2. Sterowanie sinusoidalne	216
8.11.3. Silnik z dzielonym uzwojeniem twornika	217
8.11.4. Przełączenie sterowania z międzypasmowego na pasmowe	218
8.11.5. Przełączenie uzwojenia z układu gwiazdy w trójkąt	219
8.11.6. Układ z uzwojeniem dzielonym i kondensatorami	220
8.12. Układ napędowy wózka inwalidzkiego	222
Literatura do rozdziału 8	225
9. Prądnice synchroniczne z magnesami trwałymi	227
9.1. Budowa prądnic	227
9.2. Prądnica SPM	233
9.2.1. Przykład prądnicy SPM	235
9.3. Prądnica IPM	236
9.3.1. Przykład prądnicy IPM	239
9.4. Prądnice do małych elektrowni wiatrowych i wodnych	241
9.5. Prądnice synchroniczne ze wzbudzeniem hybrydowym	244
Literatura do rozdziału 9	246
10. Mikromaszyny z biegunami kłowymi	248
10.1. Budowa i zasada działania mikromaszyny z biegunami kłowymi	248
10.2. Silnik synchroniczny dwufazowy zasilany jednofazowo	254
10.3. Silnik skokowy z biegunami kłowymi	257
10.4. Prądnica synchroniczna z biegunami kłowymi	262
Literatura do rozdziału 10	266
11. Silnik skokowy hybrydowy	267
11.1. Budowa i działanie silnika skokowego hybrydowego	267
11.2. Charakterystyki elektromechaniczne silnika skokowego hybrydowego 1	272
Literatura do rozdziału 11	274
12. Inne zastosowanie magnesów trwałych w układach serwomechanicznych	275
12.1. Zastosowanie magnesów trwałych w układzie wspomagania kierownicy	275
12.2. Hamulec elektromagnetyczny	280
12.3. Przekładnia magnetyczna	283
Literatura do rozdziału 12	287