

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 szczeliny i uzwojeń połączonych w gwiazdę 92

6.3. Funkcja dla dowolnych rozkładów pola magnetycznego w szczeliny mikrosilnika 99

6.4. Zagadnienie równoważności uzwojenia gwiazdowego i trójkątnego 106

6.5. Skręcenie magnesów trwałych względem zębów twornika 109

6.6. Pulsacje napięcia rotacji i prędkości obrotowej 112

Literatura do rozdziału 6 113

7. Maszyny komutatorowe prądu stałego wzbudzane 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 serwosilników 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 wydatnymi 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 prędkość i 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 prądnicy	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 wzбудzeniem 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	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