

# Spis treści

Przedmowa .....	11
Wykaz ważniejszych oznaczeń .....	13
1. Badanie silnika prądu stałego .....	15
1.1. Elementy maszyn prądu stałego .....	15
1.2. Zasada działania i budowa maszyny prądu stałego .....	17
1.2.1. Podstawowe zależności .....	19
1.3. Porównanie silników prądu stałego .....	22
1.3.1. Silnik bocznikowy i obcowzbudny .....	22
1.3.2. Silnik szeregowy .....	23
1.3.3. Silnik szeregowo-bocznikowy .....	26
1.4. Badanie silników prądu stałego .....	27
1.4.1. Pomiar rezystancji uzwojeń wzbudzenia .....	27
1.4.2. Pomiar rezystancji uzwojeń łączonych szeregowo .....	27
1.5. Charakterystyki rozruchowe .....	30
1.6. Charakterystyki eksploatacyjne .....	36
1.6.1. Charakterystyki zewnętrzne .....	36
1.7. Charakterystyki obciążenia .....	40
1.7.1. Charakterystyki obciążenia przy regulacji napięcia $n = f(U)$ , $M = \text{const}$ , $I_t = \text{const}$ .....	40
1.7.2. Charakterystyka obciążenia przy regulacji prądu wzbudzenia $n = f(I_f)$ , $M = \text{const}$ , $U = \text{const}$ .....	43
1.7.3. Charakterystyki regulacyjne .....	44
1.8. Regulacja prędkości obrotowej za pomocą zmiany napięcia w obwodzie twornika .....	45
1.8.1. Regulacja prędkości obrotowej za pomocą prądu wzbudzenia .....	48
1.9. Literatura .....	49
1.10. Pytania sprawdzające .....	49
2. Regulacja prędkości obrotowej silnika prądu stałego .....	51
2.1. Metoda rezystancyjna regulacji prędkości .....	51

---

2.2.	Metoda przez zmianę strumienia magnetycznego $\Phi$ .....	52
2.3.	Metoda przez zmianę napięcia twornika .....	53
2.4.	Układ Ward-Leonarda .....	54
2.4.1.	Rozruch układu Leonarda .....	58
2.4.2.	Praca hamulcowa .....	59
2.5.	Badania laboratoryjne .....	62
2.5.1.	Badanie układu Leonarda .....	62
2.5.2.	Badanie układu maszyn wraz ze sterownikiem tyrystorowym ...	64
2.6.	Literatura .....	65
2.7.	Pytania sprawdzające .....	65
3.	Badanie silników skokowych .....	67
3.1.	Wprowadzenie .....	67
3.2.	Budowa silnika skokowego .....	69
3.3.	Budowa układów sterujących silnikami niskomomentowymi .....	73
3.4.	Charakterystyki statyczne silników skokowych .....	78
3.5.	Charakterystyki dynamiczne silników skokowych .....	79
3.6.	Pomiary laboratoryjne .....	81
3.7.	Literatura .....	86
3.8.	Pytania sprawdzające .....	86
4.	Podstawy techniki cyfrowej .....	87
4.1.	Podstawowe prawa .....	87
4.2.	Minimalizacja funkcji logicznych .....	93
4.3.	Podstawowe układy cyfrowe – bramki logiczne .....	93
4.4.	Przerzutniki .....	97
4.5.	Asynchroniczny przerzutnik RS .....	99
4.6.	Przerzutniki synchroniczne .....	101
4.7.	Liczniki .....	102
4.8.	Rejestry .....	104
4.9.	Multipleksery i demultipleksery .....	105

---

4.10. Konwertery kodów .....	106
4.11. Badania laboratoryjne .....	110
4.11.1. Badanie bramek logicznych .....	110
4.11.2. Badanie układu kombinacyjnego .....	111
4.11.3. Badanie przerzutników .....	111
4.11.4. Badanie liczników .....	112
4.12. Literatura .....	114
4.13. Pytania sprawdzające .....	114
5. Badanie układu nawrotnego wraz z układem sterowania przekaźnikowo- stycznikowego .....	115
5.1. Charakterystyki mechaniczne silnika klatkowego przy pracy nawrotnej .....	115
5.2. Nagrzewanie się silnika przy pracy nawrotnej .....	116
5.3. Symbole i schematy elektryczne .....	118
5.3.1. Aparatura stosowana przy pracy nawrotnej .....	123
5.3.2. Układ sterowania rozruchu bezpośredniego .....	124
5.3.3. Układ sterowania z rozruchem gwiazda-trójkąt w funkcji czasu .....	125
5.3.4. Układ sterowania silnika pierścieniowego z rozrusznikiem stopniowym w funkcji czasu .....	126
5.3.5. Układ sterowania nawrotnego .....	127
5.4. Badania laboratoryjne .....	128
5.5. Literatura .....	130
5.6. Pytania sprawdzające .....	131
6. Czwórniki .....	133
6.1. Klasyfikacja czwórników .....	134
6.1.1. Czwórniki liniowe i nieliniowe .....	135
6.1.2. Czwórniki aktywne i pasywne .....	136
6.1.3. Czwórniki symetryczne i niesymetryczne .....	136
6.1.4. Czwórniki odwracalne i nieodwracalne .....	136
6.1.5. Czwórniki równoważne .....	137
6.2. Metody opisu czwórników .....	137
6.2.1. Równania czwórnika .....	137
6.2.2. Stany pracy i schematy zastępcze czwórników pasywnych ....	140
6.2.3. Parametry transmisyjne czwórników symetrycznych .....	147

---

6.2.3.1. Impedancja charakterystyczna czwórnika symetrycznego...	148
6.2.3.2. Stała przenoszenia czwórnika symetrycznego .....	150
6.3. Czwórniki aktywne .....	155
6.3.1. Źródła sterowane .....	157
6.3.2. Konwertery impedancji .....	162
6.3.3. Inwertery impedancji .....	165
6.4. Badania laboratoryjne .....	169
6.4.1. Wyznaczanie parametrów czwórnika symetrycznego .....	169
6.5. Literatura .....	174
6.6. Pytania sprawdzające .....	174
7. Sprzężenie zwrotne .....	177
7.1. Schemat blokowy układu ze sprzężeniem zwrotnym .....	178
7.2. Rodzaje sprzężeń zwrotnych .....	181
7.2.1. Ujemne i dodatnie sprzężenie zwrotne .....	181
7.2.2. Układy sprzężenia zwrotnego .....	182
7.2.3. Wpływ ujemnego sprzężenia zwrotnego na parametry układu elektrycznego .....	184
7.2.3.1. Wpływ sprzężenia na zniekształcenia nieliniowe .....	184
7.2.3.2. Wpływ ujemnego sprzężenia zwrotnego na zniekształcenia liniowe .....	187
7.2.3.3. Wpływ ujemnego sprzężenia zwrotnego na własności szumowe układu elektrycznego .....	190
7.2.4. Wpływ ujemnego sprzężenia zwrotnego na parametry robocze wzmacniaczy .....	191
7.2.4.1. Wpływ ujemnego sprzężenia zwrotnego na charakterystykę częstotliwościową wzmacniacza .....	192
7.2.4.2. Wpływ sprzężenia zwrotnego na stabilność. Kryterium Nyquista .....	196
7.2.4.3. Wpływ sprzężenia zwrotnego na impedancję wejściową i wyjściową wzmacniacza .....	199
7.3. Badania laboratoryjne .....	200
7.3.1. Wyznaczanie parametrów układu z ujemnym sprzężeniem zwrotnym .....	200
7.4. Literatura .....	206
7.5. Przykładowe pytania .....	207

---

Załącznik 1 .....	209
Przekształcenie Laplace'a .....	209
Transmitancja operatorowa .....	214
Schematy blokowe (operatorowe) .....	218
Reguły upraszczania schematów blokowych .....	219