

Spis treści

Od Autorów	7
Wykaz ważniejszych oznaczeń	9
1. Silnik obcowzbudny prądu stałego	13
1.1. Uwagi ogólne	13
1.2. Równania podstawowe silnika w dziedzinie zmiennej zespolonej	18
1.3. Przebieg czasowy prędkości	22
1.3.1. Przypadek pierwiastków rzeczywistych	22
1.3.2. Przypadek pierwiastków zespolonych	26
1.4. Równania na prąd silnika	28
1.5. Przebieg czasowy prądu twornika	30
1.5.1. Przypadek pierwiastków rzeczywistych	30
1.5.2. Przypadek pierwiastków zespolonych	32
1.6. Przebiegi prędkości i prądu po zadziałaniu zakłócenia momentem statycznym w stanie ustalonym	33
1.7. Równania silnika obcowzbudnego w przestrzeni stanów	37
1.8. Portret fazowy silnika	44
1.9. Dynamika oddziaływania twornika	48
1.10. Silnik obcowzbudny sterowany od strony wzbudzenia	52
1.11. Silnik obcowzbudny prądu stałego jako pojemność dynamiczna	58
1.11.1. Pomiarowe określenie pojemności dynamicznej silnika	61
2. Silnik szeregowy prądu stałego	63
2.1. Silnik idealizowany przy pominięciu oddziaływania twornika	63
2.2. Skokowa zmiana momentu obciążenia przy stałym napięciu	67
2.3. Skokowa zmiana napięcia przy stałym momencie	72
2.3.1. Pierwiastki rzeczywiste	73
2.3.2. Pierwiastki zespolone	73
3. Prądnicą napięcia stałego	75
3.1. Równanie ruchu prądnicy dla zlinearyzowanego obwodu wzbudzenia	75
3.2. Transmitancja operatorowa i odpowiedź skokowa prądnicy	77
3.3. Dynamika oddziaływania twornika	79
4. Ustalone uchyby regulacji liniowych stacjonarnych układów napędowych przy sterowaniach zdeterminowanych	82
4.1. Wprowadzenie teoretyczne	82
4.2. Dokładność działania przekształtnikowego układu napędowego z silnikiem obcowzbudnym prądu stałego przy sterowaniach zdeterminowanych	89
4.2.1. Model układu napędowego	89
4.2.2. Ustalony uchyb regulacji napędu przekształtnikowego prądu stałego	92
5. Graficzna reprezentacja elementów i układów napędowych o parametrach skupionych	95
5.1. Graficzna reprezentacja silnika prądu stałego o wzbudzeniu niezależnym	95

5.1.1. Sprowadzenie macierzy układu do postaci diagonalnej	99
5.1.2. Równanie stanu silnika dla transformowanej postaci wektora stanu	105
5.1.3. Graf przepływu sygnałów dla zmodyfikowanej postaci kanonicznej macierzy układu	107
5.2. Graficzna reprezentacja układu napędowego prądu stałego	108
5.2.1. Sprowadzenie macierzy układu do postaci diagonalnej	112
5.2.2. Graf przepływu sygnałów dla zmodyfikowanej postaci kanonicznej macierzy układu	115
5.3. Równanie stanu i graf przepływu sygnałów w przestrzeni stanów prądu stałego	116
6. Dokładność układu napędowego przy zakłóceniach stochastycznych	119
6.1. Pojęcie dokładności układu napędowego przy zakłóceniach stochastycznych	119
6.2. Metoda podwójnej transformacji Laplace'a i równania różniczkowe dla momentów - określenia momentu drugiego rzędu wyjścia układu napędowego	120
6.3. Silnik prądu stałego obcowzbudny sterowany od strony twornika napięciem fluktuacyjnym	124
7. Układy napędowe z elementami sprężystymi	128
7.1. Wprowadzenie	128
7.2. Dynamika układu ze sprężystym wałem	129
7.3. Współpraca silnika obcowzbudnego prądu stałego z maszyną roboczą za pośrednictwem sprężystego wału	132
7.4. Schemat blokowy układu silnika obcowzbudnego prądu stałego współpracującego z maszyną roboczą za pośrednictwem sprężystego wału	136
7.5. Symulacja cyfrowa współpracy silnika obcowzbudnego prądu stałego z maszyną roboczą za pośrednictwem sprężystego wału	137
D o d a t e k A. Jednowymiarowa jednostronna transformata Laplace'a	145
A.1. Wstęp	145
A.2. Funkcja oryginalna - oryginalne przekształcenie Laplace'a	146
A.3. Transformata Laplace'a	146
A.4. Podstawowe własności przekształcenia Laplace'a	148
A.5. Twierdzenie o wartościach granicznych	153
A.6. Transformaty niektórych funkcji	154
A.7. Splot funkcji	160
A.8. Twierdzenie Borela o splocie	160
A.9. Całka Duhamela	161
A.10. Transformata odwrotna	163
A.11. Metody wyznaczania transformaty odwrotnej	165
A.12. Metoda reszduów wyznaczania transformaty odwrotnej	166
A.13. Wyznaczanie transformaty odwrotnej za pomocą wzoru Heaviside'a	169
A.14. Metoda odwrotnego przekształcenia Laplace'a i rozwiązania równania stanu	174
A.15. Odwracanie jednowymiarowej transformaty Laplace'a metodą cyfrową przy zastosowaniu języka symulacyjnego	175
A.16. Zastosowanie transformacji Laplace'a do rozwiązywania równań różniczkowych liniowych	179
A.17. Transmittancja operatorowa (operatorowa funkcja przejścia)	180
A.18. Wyodrębnienie składowej swobodnej i ustalonej w transformacie odwrotnej odpowiedzi układu liniowego	183
D o d a t e k B. Dwuwymiarowa transformata Laplace'a	190
B.1. Całka Laplace'a	190
B.2. Niektóre własności dwuwymiarowego przekształcenia Laplace'a	191
B.3. Sploty	193
B.4. Wyprowadzenie podwójnej $\mathcal{L}^2$ - transformaty Laplace'a przez dwukrotne zastosowanie pojedynczej $\mathcal{L}$ - transformaty Laplace'a	195
B.5. Ważniejsze twierdzenia i wzajemne odpowiedniości między funkcjami	

oryginalnymi i ich podwójnymi transformatami Laplace'a	196
--	-----

D o d a t e k C. Funkcje macierzy kwadratowych	202
C.1. Wartości własne i wektory własne, diagonalizacja macierzy kwadratowych	202
C.1.1. Wartości własne jednokrotne macierzy kwadratowej	203
C.1.2. Wartości własne wielokrotne macierzy kwadratowej	209
C.1.2.1. Postać kanoniczna Jordana macierzy kwadratowej ..	210
C.1.2.2. Przekształcenie podobieństwa macierzy kwadratowej do postaci kanonicznej Jordana	212
C.2. Metody obliczania funkcji macierzy kwadratowej	221
C.2.1. Twierdzenie Cayleya-Hamiltona	221
C.2.2. Funkcja macierzy kwadratowej	222
C.2.3. Funkcja wykładnicza macierzy kwadratowej	223
C.2.4. Wielomian minimalny	224
C.2.5. Wzór interpolacyjny Sylwestera	226
C.2.5.1. Przypadek różnych pierwiastków wielomianu minimalnego	227
C.2.5.2. Przypadek wielokrotnych pierwiastków wielomianu minimalnego	230
C.2.6. Obliczanie funkcji macierzy za pomocą przekształcenia podobieństwa	239

D o d a t e k D.	
D.1. Przykład analizy dynamiki silnika obcowzbudnego	247
Literatura	253