

## Spis treści

<b>Od Autora</b> .....	7
<b>1. Przetwornik pomiarowy, pojęcia podstawowe, kryteria jakości</b> .....	9
<b>2. Metody analizy i projektowania przetworników pomiarowych przy użyciu uniwersalnych programów analizy układów elektronicznych</b> .....	17
2.1. Uniwersalne programy analizy układów elektronicznych; geneza i podstawowe własności .....	17
2.2. Modelowanie podzespołów elektronicznych .....	20
2.2.1. Podzespoły pasywne typu $R, L, C$ .....	22
2.2.2. Model diody złączonej .....	23
2.2.3. Model tranzystora bipolarnego .....	25
2.2.4. Modele wzmacniaczy operacyjnych .....	26
<b>3. Źródła sygnałów pomiarowych</b> .....	31
3.1. Mostek nie zrównoważony jako przetwornik sygnału .....	32
3.2. Linearyzacja charakterystyki mostka nie zrównoważonego z jednym elementem czynnym .....	36
3.3. Własności mostka nie zrównoważonego z dwoma i czterema elementami czynnymi .....	39
3.4. Przykład obliczania parametrów mostka nie zrównoważonego .....	41
<b>4. Wzmacniacz różnicowy</b> .....	43
4.1. Regulacja wzmocnienia wzmacniacza różnicowego .....	53
4.2. Wzmacniacz pomiarowy z trzema wzmacniaczami operacyjnymi .....	54
4.3. Wzmacniacz pomiarowy z dwoma wzmacniaczami operacyjnymi .....	56
<b>5. Tor wzmacniający z przetwarzaniem</b> .....	60
<b>6. Wzmacniacze prądu zmiennego</b> .....	66
<b>7. Demodulatory synchroniczne</b> .....	75

<b>8. Filtry wyjściowe</b> .....	81
8.1. Filtr dolnoprzepustowy drugiego rzędu	
o wielokrotnym sprzężeniu zwrotnym .....	86
8.2. Filtr dolnoprzepustowy drugiego rzędu	
o dodatnim sprzężeniu zwrotnym .....	88
8.3. Przykład obliczania parametrów	
filtru dolnoprzepustowego typu Butterwortha	
jako filtru wyjściowego wzmacniacza z przetwarzaniem .....	89
<b>9. Generatory samowzбудne</b> .....	94
9.1. Generatory liniowe .....	94
9.1.1. Generator z czwórnikiem Wiena .....	96
9.1.2. Generator z czwórnikiem Wiena wyposażony	
w układ automatycznej regulacji wzmocnienia .....	98
9.1.3. Generator z przesuwnikami fazowymi .....	99
9.1.4. Generator z filtrem pasmowym .....	102
9.1.5. Generator z integratorami .....	103
9.2. Generatory nieliniowe .....	108
9.2.1. Komparator z histerezą zbudowany	
przy użyciu wzmacniacza operacyjnego .....	109
9.2.2. Generator nieliniowy z jednym wzmacniaczem operacyjnym .....	110
9.2.3. Nieliniowy generator z integratorem aktywnym	
i komparatorem z histerezą .....	112
<b>10. Tor pomiarowy z modulacją częstotliwości</b> .....	113
10.1. Przetworniki sygnału parametrycznego na częstotliwość .....	114
10.1.1. Bezpośredni przetwornik małych zmian $\epsilon_R$	
na częstotliwość .....	118
10.2. Przetworniki napięcie/częstotliwość .....	121
10.2.1. Przetwornik napięcie/częstotliwość	
z kompensacją ładunku .....	121
10.2.2. Modulator sigma/delta	
(przetwornik napięcie/częstotliwość z obcym zegarem) .....	123
<b>11. Pomiarowe demodulatory częstotliwości</b>	
– przetworniki częstotliwość/napięcie .....	127
11.1. Demodulator częstotliwości	
z uśrednianiem impulsów standaryzowanych przez różniczkowanie .....	128
11.2. Demodulator częstotliwości	
z uśrednianiem impulsów standaryzowanych przez uniwibrator .....	130
11.3. Demodulacja częstotliwości z wykorzystaniem układu	
synchronicznej pętli fazowej PLL .....	131

<b>12. Analogowe układy obróbki sygnałów</b> .....	134
12.1. Dodawanie i odejmowanie sygnałów .....	134
12.2. Układy logarytmujące i alogarytmujące .....	136
12.3. Mnożenie i dzielenie sygnałów .....	139
12.3.1. Mnożenie sygnałów – krótki rys historyczny .....	139
12.3.2. Układ mnożący o zmiennej transkonduktancji .....	142
12.3.3. Układ mnożący z modulacją wysokości i szerokości impulsów .....	144
12.3.4. Elektromechaniczny przetwornik do pomiaru mocy mechanicznej .....	147
12.3.5. Dzielenie sygnałów .....	148
12.4. Całkowanie i różniczkowanie .....	149
12.4.1. Integratory – układy całkujące .....	149
12.4.2. Układy różniczkujące .....	152
<b>13. Korektory własności dynamicznych</b> .....	157
13.1. Korektory szeregowo .....	158
13.1.1. Korektor bierny .....	160
13.1.2. Korektor czynny .....	161
13.1.3. Dobór parametrów korektora .....	162
13.2. Korekcja dynamiczna .....	164
13.2.1. Korekcja dynamiczna termometru oporowego w warunkach zmiennego współczynnika wymiany ciepła .....	167
<b>14. Przetworniki sygnałów elektrycznych</b> .....	170
14.1. Przetworniki wartości skutecznej .....	170
14.2. Przetworniki wartości średniej wyprostowanej .....	175
14.3. Przetworniki wartości szczytowej .....	181
<b>15. Wzmacniacze izolujące – separatory</b> .....	183
15.1. Separatory sygnałów analogowych .....	183
15.2. Separacja cyfrowych systemów akwizycji danych pomiarowych .....	188
15.2.1. Separacja przedmultiplekserowa .....	188
15.2.2. Separacja pomultiplekserowa .....	189
<b>16. Układy próbkująco-pamiętające</b> .....	191
<b>17. Przetworniki analogowo-cyfrowe (A/C)</b> .....	196
17.1. Równoległy przetwornik A/C typu FLASH .....	196
17.2. Przetwornik A/C z podwójnym całkowaniem .....	198
17.3. Przetwornik A/C z kompensacją wagową .....	200

<b>18. Zintegrowane przetworniki pomiarowe</b> .....	203
18.1. Przetworniki wielkości nieelektrycznych	
wykorzystywane w konstrukcjach zintegrowanych .....	205
18.1.1. Piezorezystory .....	205
18.1.2. Czujniki pojemnościowe .....	207
18.1.3. Czujniki z akustyczną falą powierzchniową ASW .....	210
18.1.4. Czujniki rezonansowe .....	211
18.1.5. Termostosy .....	214
18.1.6. Czujniki probabilistyczne typu flip-flop .....	216
<b>19. Mikrostruktury mechaniczne</b> .....	218
19.1. Zarys technologii wytwarzania mikrostruktur	
przetworników mechanicznych .....	218
19.2. Membranowe przetworniki ciśnienia .....	221
19.3. Przetwornik sprężysty .....	223
<b>20. Konstrukcje zintegrowanych przetworników pomiarowych</b> .....	228
20.1. Przetworniki temperatury .....	228
20.2. Przetworniki ciśnienia .....	233
20.3. Przetworniki przyspieszenia (akcelerometry) .....	236
20.4. Przetworniki przepływu (anemometry) .....	239
20.5. Przetworniki stężenia gazu .....	241
20.6. Przetwornik prawdziwej wartości skutecznej prądu .....	243
<b>Literatura</b> .....	244