

**Matlab i podstawy telekomunikacji / Jacek Izydorczyk i inni ; [autorzy: Adam Dustor, Grzegorz Dziwoki, Jacek Izydorczyk, Piotr Kłosowski, Marcin Kucharczyk, Wojciech Sułek, Marcin Szebeszczyk, Wojciech Więclawek, Piotr Zawadzki, Piotr Zarychta]. – Gliwice, cop. 2017**

## Spis treści

<b>Część 1. Przetwarzanie sygnałów</b>	<b>11</b>
<b>1. Wprowadzenie do MATLAB-a. Generacja sygnałów</b>	<b>13</b>
1.1. Interfejs programu	13
1.2. Zmienne i funkcje	13
1.3. Operacje na macierzach	15
1.4. Wykresy	18
1.5. Generacja funkcji	19
1.6. Tworzenie własnych skryptów i funkcji	20
1.7. Kontrola wykonania	21
1.8. Zadania do wykonania przed ćwiczeniem	22
1.9. Program ćwiczenia	23
<b>2. Dyskretna transformacja Fouriera i splot kołowy</b>	<b>25</b>
2.1. Wprowadzenie	25
2.1.1. Przedstawianie widma DFT	26
2.1.2. Okresowość w dziedzinie czasu	27
2.1.3. Związek między DFT i DTFT	27
2.1.4. Podstawowe własności DFT	28
2.1.5. Widmo sygnału o skończonym czasie trwania	30
2.1.6. Przeciek widmowy	32
2.1.7. Okienkowanie sygnału czasowego	33
2.1.8. Rozdzielczość częstotliwościowa widma	34
2.1.9. Obliczanie splotu liniowego poprzez DFT	36
2.1.10. Splot blokowy	37
2.1.11. Algorytm FFT	37
2.2. Zadania do wykonania przed ćwiczeniem	40
2.3. Program ćwiczenia	41
<b>3. Filtry cyfrowe FIR</b>	<b>45</b>
3.1. Wprowadzenie	45
3.2. Projektowanie filtrów FIR	46
3.2.1. Metoda okien czasowych	46
3.2.2. Próbkowanie w dziedzinie częstotliwości	49
3.2.3. Optymalny projekt filtru FIR	51
3.3. Zadania do wykonania przed ćwiczeniem	53

3.4. Program ćwiczenia	53
<b>4. Filtry cyfrowe IIR</b>	<b>59</b>
4.1. Wprowadzenie	59
4.2. Projektowanie filtrów IIR	60
4.2.1. Prototyp analogowy	60
4.2.2. Transformacja wzorca analogowego na filtr cyfrowy	63
4.3. Transformacja częstotliwościowa	66
4.4. Struktury filtrów IIR	67
4.5. Porównanie filtrów FIR i IIR	67
4.6. Zadania do wykonania przed ćwiczeniem	70
4.7. Program ćwiczenia	71
<b>5. Sygnalizacja DTMF</b>	<b>77</b>
5.1. Wprowadzenie	77
5.2. Sygnalizacja DTMF	77
5.3. Algorytmy generowania sygnału DTMF	79
5.4. Algorytmy dekodowania sygnału DTMF	80
5.4.1. Algorytmy obliczania DFT	80
5.4.2. Algorytm Goertzela	81
5.4.3. Algorytm dekodowania sygnałów DTMF	83
5.5. Zadania do wykonania przed ćwiczeniem	85
5.6. Program ćwiczenia	85
<b>6. Przesuwanie widma sygnału</b>	<b>87</b>
6.1. Wprowadzenie	87
6.1.1. Sygnały analityczne	88
6.1.2. Projektowanie filtrów Hilberta	90
6.1.3. Zastosowanie filtrów Hilberta do przesuwania widma	90
6.1.4. Przesuwanie widma sygnału i sygnały analityczne	92
6.2. Zadania do wykonania przed ćwiczeniem	94
6.3. Program ćwiczenia	94
<b>7. Przetwarzanie <math>\Sigma\Delta</math></b>	<b>97</b>
7.1. Wprowadzenie	97
7.1.1. Analogowo-cyfrowy przetwornik $\Sigma\Delta$	97
7.1.2. Cyfrowo-analogowy przetwornik $\Sigma\Delta$	101
7.1.3. Zalety i wady	101
7.2. Zadania do wykonania przed ćwiczeniem	103
7.3. Program ćwiczenia	105
<b>8. Pasmowo-przepustowy przetwornik <math>\Sigma\Delta</math></b>	<b>111</b>
8.1. Wprowadzenie	111
8.1.1. Przetwornik pasmowo-przepustowy	112
8.1.2. Struktura filtra	113

8.2. Zadania do wykonania przed ćwiczeniem	115
8.3. Program ćwiczenia	116
<b>9. Eliminacja echa i filtry adaptacyjne</b>	<b>119</b>
9.1. Wprowadzenie	119
9.1.1. Model otoczenia	120
9.1.2. Równanie normalne filtracji Wienera	121
9.1.3. Algorytm gradientowy	122
9.1.4. Algorytm LMS	124
9.1.5. Algorytm RLS	126
9.1.6. Środowisko niestacjonarne	128
9.2. Zadania do wykonania przed ćwiczeniem	129
9.3. Program ćwiczenia	129
<b>10. Liniowa predykcja sygnału mowy – wokodery</b>	<b>133</b>
10.1. Wprowadzenie	133
10.1.1. Wytwarzanie mowy przez człowieka	134
10.1.2. Model toru głosowego człowieka	135
10.1.3. Analiza cepstralna	142
10.1.4. Synteza sygnału mowy w oparciu o parametry LPC	143
10.2. Zadania do wykonania przed ćwiczeniem	145
10.3. Program ćwiczenia	145
<b>Część 2. Przesyłanie sygnałów</b>	<b>147</b>
<b>11. Modulacja AM-DSB</b>	<b>149</b>
11.1. Wprowadzenie	149
11.2. Modulacja AM-DSB-WC	149
11.3. Demodulacja sygnału AM-DSB-WC	153
11.3.1. Detektor obwiedni	153
11.3.2. Demodulator koherentny	155
11.4. Moc sygnału AM	156
11.5. Analiza szumowa modulacji AM-DSB-WC	156
11.6. Modulacja AM-DSB-SC	157
11.7. Zadania do wykonania przed ćwiczeniem	158
11.8. Program ćwiczenia	158
<b>12. Modulacja AM-SSB</b>	<b>161</b>
12.1. Wprowadzenie	161
12.2. Modulacja AM-SSB	161
12.2.1. Czasowa postać sygnału SSB-SC	161
12.2.2. Czasowa postać sygnału SSB-WC	162
12.2.3. Widmo sygnału SSB	163
12.2.4. Wytwarzanie sygnału jednowstęgowego	163
12.3. Demodulacja sygnału SSB-SC	166

12.4. Moc sygnału SSB	168
12.5. Analiza szumowa modulacji SSB	168
12.6. Zadania do wykonania przed ćwiczeniem	169
12.7. Program ćwiczenia	169
<b>13. Modulacja i demodulacja FM</b>	<b>171</b>
13.1. Wprowadzenie	171
13.2. Modulacja FM	171
13.2.1. Wąskopasmowa modulacja FM	172
13.2.2. Szerokopasmowa modulacja FM	174
13.2.3. Generacja sygnałów FM	176
13.3. Demodulacja FM	177
13.4. Moc sygnału FM	178
13.5. Analiza szumowa modulacji FM	178
13.6. Zadania do wykonania przed ćwiczeniem	179
13.7. Program ćwiczenia	179
<b>14. Szumy w systemach FM</b>	<b>181</b>
14.1. Szumowa charakterystyka modulacji FM	181
14.2. Szumy w obecności preemfazy i deemfazy	185
14.3. Zadania do wykonania przed ćwiczeniem	187
14.4. Program ćwiczenia	187
<b>15. Transmisja w paśmie podstawowym</b>	<b>191</b>
15.1. Wprowadzenie	191
15.1.1. Budowa systemu telekomunikacyjnego	191
15.1.2. Ciągły kanał transmisyjny	193
15.1.3. Dyskretny kanał transmisyjny	200
15.2. Zadania do wykonania przed ćwiczeniem	202
15.3. Program ćwiczenia	202
<b>16. Modulacja MSK/GMSK</b>	<b>205</b>
16.1. Wprowadzenie	205
16.1.1. Kluczowanie częstotliwości z ciągłą fazą	205
16.1.2. Modulacja MSK	206
16.1.3. Modulator MSK	208
16.1.4. Demodulator MSK	209
16.1.5. Modulacja GMSK	215
16.1.6. Kilka słów o estymacji stopy błędów	215
16.2. Zadania do wykonania przed ćwiczeniem	217
16.3. Program ćwiczenia	217
<b>17. Modulacja QAM</b>	<b>221</b>
17.1. Wprowadzenie	221
17.1.1. Cyfrowy nadajnik QAM	222

17.1.2. Odbiornik QAM	230
17.1.3. Synchronizacja	232
17.1.4. Efektywność widmowa modulacji	233
17.2. Zadania do wykonania przed ćwiczeniem	235
17.3. Program ćwiczenia	235
<b>18. Modulacja OFDM – sygnał zmodulowany i prefiks cykliczny</b>	<b>239</b>
18.1. Wprowadzenie	239
18.2. Modulacja i demodulacja OFDM	239
18.2.1. Modulacja	240
18.2.2. Symbol OFDM	240
18.2.3. Demodulacja	243
18.2.4. Parametry sygnału	243
18.3. Zniekształcenia sygnału	243
18.3.1. Interferencje międzykanałowe i międzysymbolowe	243
18.3.2. Szum i inne zakłócenia	244
18.4. Zadania do wykonania przed ćwiczeniem	245
18.5. Program ćwiczenia	245
<b>19. Modulacja z widmem rozproszonym</b>	<b>247</b>
19.1. Wprowadzenie	247
19.1.1. Podstawy teoretyczne	248
19.1.2. Systemy z kluczowaniem bezpośrednim DS	248
19.1.3. Kody pseudolosowe	253
19.1.4. Synchronizacja	258
19.2. Zadania do wykonania przed ćwiczeniem	260
19.3. Program ćwiczenia	261
<b>20. Synchronizacja nadajnika i odbiornika</b>	<b>263</b>
20.1. Analogowa pętla fazowa	263
20.1.1. Liniowy model pętli fazowej	265
20.1.2. Pętla fazowa jako demodulator FM	265
20.1.3. Przykładowe rozwiązania układów PLL	266
20.2. Cyfrowa pętla PLL	267
20.3. Zadania do wykonania przed ćwiczeniem	269
20.4. Program ćwiczenia	269
<b>21. Korekcja zniekształceń liniowych kanału telekomunikacyjnego</b>	<b>271</b>
21.1. Wprowadzenie	271
21.1.1. Korekcja liniowa	272
21.1.2. Adaptacyjna korekcja liniowa	275
21.1.3. Adaptacyjna korekcja nieliniowa	277
21.1.4. Korekcja kanału – modulacje dwuwymiarowe	278
21.2. Zadania do wykonania przed ćwiczeniem	279

21.3. Program ćwiczenia	279
<b>22. Ślepa korekcja kanału telekomunikacyjnego</b>	<b>285</b>
22.1. Wprowadzenie	285
22.1.1. Ogólna charakterystyka algorytmów ślepych	286
22.1.2. Klasyfikacja algorytmów ślepych	288
22.2. Zadania do wykonania przed ćwiczeniem	292
22.3. Program ćwiczenia	293
<b>23. Kody blokowe</b>	<b>297</b>
23.1. Wprowadzenie	297
23.2. Macierz generująca i kodowanie	298
23.3. Macierz kontroli parzystości i dekodowanie	298
23.4. Odległość minimalna kodu	299
23.5. Kody Hamminga	300
23.6. Kody BCH	301
23.7. Kodowanie blokowe w MATLAB-ie	301
23.8. Zadania do wykonania przed ćwiczeniem	302
23.9. Program ćwiczenia	302
<b>24. Kody splotowe</b>	<b>305</b>
24.1. Wprowadzenie	305
24.2. Kodery splotowe	305
24.3. Dekoder Viterbiego	307
24.4. Turbokody	309
24.5. Kodowanie splotowe w MATLAB-ie	310
24.6. Zadania do wykonania przed ćwiczeniem	312
24.7. Program ćwiczenia	313
<b>25. Kanały MIMO</b>	<b>315</b>
25.1. Wprowadzenie	315
25.2. Pojemność kanału MIMO	317
25.2.1. Stan kanału: nieznany	319
25.2.2. Stan kanału: znany	320
25.2.3. e-przepustowość kanału MIMO	321
25.3. Zróżnicowanie przestrzenne kanału	324
25.3.1. Zróżnicowanie kanału po stronie odbiornika — kanał SIMO	324
25.3.2. Zróżnicowanie kanału po stronie nadajnika — kanał MISO	329
25.4. Zwielokrotnienie przestrzenne kanału	336
25.4.1. Metoda największej wiarygodności	336
25.4.2. Metody filtracji liniowej	339
25.4.3. Metody nieliniowe	343
25.5. Zadania do wykonania przed ćwiczeniem	345
25.6. Program ćwiczenia: kanały MIMO	347
25.7. Rozkład macierzy wg wartości osobliwych	352

25.7.1. Twierdzenie o rozkładzie macierzy wg wartości osobliwych	352
25.7.2. Związek z rozkładem wg wartości własnych	353
25.7.3. Związek z normą Frobeniusa	354
25.7.4. Algorytm rozkładu SVD	355
25.7.5. Metoda Krylowa	355
25.8. Zadania do wykonania przed ćwiczeniem	358
25.9. Program ćwiczenia: rozkład macierzy	358
<b>Odpowiedzi</b>	<b>361</b>

oprac. BPK