

Spis treści

Wykład 1. Szereg Fouriera	7
1.1. Wstęp	7
1.2. Definicja rozwinięcia w szereg Fouriera	7
1.3. Warunki Dirichleta	14
1.4. Wybrane własności szeregów Fouriera	16
1.4.1. Liniowość	16
1.4.2. Przesunięcie w czasie	17
1.4.3. Wzór Parsevala	17
1.5. Stan ustalony w obwodach liniowych z wymuszeniami okresowymi	18
1.6. Przykłady zastosowań szeregów Fouriera	19
Wykład 2. Transformacja Fouriera	29
2.1. Definicja przekształcenia Fouriera	29
2.2. Warunki Dirichleta istnienia transformaty Fouriera	31
2.3. Wybrane własności przekształcenia Fouriera	32
2.3.1. Liniowość	32
2.3.2. Przesunięcie w czasie	32
2.3.3. Przesunięcie w częstotliwości	32
2.3.4. Różniczkowanie i całkowanie oryginału	32
2.3.5. Skalowanie w czasie i częstotliwości (podobieństwo)	33
2.3.6. Splot	33
2.3.7. Wzór Parsevala	33
2.3.8. Symetria dualna	34
2.3.9. Sprzężenie i symetria	35
2.4. Gęstość widmowa sygnału na wyjściu układu liniowego	36
2.5. Przykłady	36
Wykład 3. Modulacja	49
3.1. Wstęp	49
3.2. Modulacja w paśmie podstawowym	49
3.3. Modulacja sygnału sinusoidalnego	50
3.3.1. Modulacja amplitudowa	51
3.3.1.1. Modulacja amplitudy z falą nośną	52
3.3.1.2. Modulator AM	53
3.3.1.3. Demodulacja sygnału AM	54
3.3.1.4. Modulacja amplitudy bez fali nośnej	55
3.3.1.5. Modulacja jednowstęgowa	56
3.3.1.6. Modulacja jednowstęgowa z falą nośną	57
3.3.2. Przemiana częstotliwości	58
3.3.3. Modulacja kątowa	59
3.3.3.1. Wąskopasmowa modulacja częstotliwości	61
3.3.3.2. Szerokopasmowa modulacja częstotliwości	61
3.3.4. Modulacja kwadraturowa	63
Wykład 4: Przekształcenie Laplace'a	67
4.1. Przekształcenie Laplace'a	67

4.2.	Odwrotne przekształcenie Laplace'a	73
4.2.1.	Wzór Riemanna–Mellina	73
4.2.2.	Funkcje wymierne, residua i rozkład na ułamki proste	77
4.3.	Własności przekształcenia Laplace'a	81
4.3.1.	Liniowość transformaty	81
4.3.2.	Transformata pochodnej sygnału $\mathcal{L}$ –transformowalnego	81
4.3.3.	Transformata całki sygnału $\mathcal{L}$ –transformowalnego	82
4.3.4.	Granica sygnału w zerze	82
4.3.5.	Pochodna transformaty sygnału $\mathcal{L}$ –transformowalnego	82
4.3.6.	Opóźnienie sygnału $\mathcal{L}$ –transformowalnego	83
4.3.7.	Przesunięcie argumentu obrazu $\mathcal{L}$ –transformowalnego	83
4.3.8.	Transformata sygnału okresowego	83
4.3.9.	Transformata spłotu sygnałów $\mathcal{L}$ –transformowalnych	84
4.4.	Zastosowanie przekształcenia Laplace'a	84
4.4.1.	Równania różniczkowe zwyczajne	85
4.4.2.	Równania różniczkowe cząstkowe	88
4.4.3.	Równania całkowe	91
4.5.	Transmitancja	92
4.5.1.	Odpowiedź impulsowa układu	94
4.5.2.	Badanie stabilności układu	95
4.5.3.	Transmitancja operatorowa a transmitancja symboliczna	99
Wykład 5.	Filtry analogowe	105
5.1.	Filtr idealny	105
5.2.	Aproksymacja charakterystyki amplitudowej filtru idealnego	107
5.2.1.	Aproksymacja Butterwortha	107
5.2.1.1.	Bieguny filtru Butterwortha	109
5.2.1.2.	Wyznaczanie parametrów charakterystyki filtru Butterwortha	113
5.2.2.	Aproksymacja Czebyszewa	115
5.2.2.1.	Bieguny dolnoprzepustowego filtru Czebyszewa	118
5.2.2.2.	Wyznaczanie parametrów charakterystyki filtru Czebyszewa	122
5.3.	Przekształcenia częstotliwości	124
5.3.1.	Normalizacja	124
5.3.2.	Przekształcenie filtru dolnoprzepustowego na filtr górnoprzepustowy	124
5.3.3.	Przekształcenie filtru dolnoprzepustowego na filtr pasmowoprzepustowy	125
5.3.4.	Przekształcenie filtru dolnoprzepustowego na filtr pasmowozaporowy	131
5.4.	Synteza pasywnych filtrów LC o charakterystyce Butterwortha i Czebyszewa	134
5.4.1.	Obwód łańcuchowy otwarty na końcu	135
5.4.2.	Obciążony obwód łańcuchowy	143
5.4.3.	Wzory dla syntezy filtrów Butterwortha — symetryczny obwód łańcuchowy	145
5.4.4.	Wzory dla syntezy filtrów Butterwortha — przypadek ogólny	146

5.4.5. Wzory dla syntezy filtrów Czebyszewa	148
5.4.6. Przekształcenia częstotliwości raz jeszcze	151
5.4.7. Kilka słów o projektowaniu filtrów pasywnych	156
5.5. Synteza filtrów aktywnych RC	156
5.5.1. Idealny wzmacniacz operacyjny	156
5.5.2. Analiza układu zawierającego idealne wzmacniacze operacyjne ..	158
5.5.3. Kaskadowy filtr aktywny RC	160
5.5.4. Równoległy filtr aktywny RC	160
5.5.5. Transmitancje rzędu drugiego	161
5.5.6. Układy z wielokrotnym sprzężeniem zwrotnym	163
Wykład 6. Modulacja impulsowa, sygnały dyskretne i cyfrowe	171
6.1. Transformata Fouriera dystrybucji delta Diraca	171
6.1.1. Transformaty Fouriera funkcji trygonometrycznych	171
6.1.2. Transformata Fouriera skoku jednostkowego	172
6.1.3. Transformata Fouriera całki sygnału	174
6.1.4. Transformata Fouriera szeregu impulsów Diraca	175
6.1.5. Transformata Fouriera funkcji okresowej	177
6.1.6. Reguła sumacyjna Poissona	179
6.2. Sygnał o ograniczonym paśmie częstotliwości i sygnał o ograniczonym czasie trwania	180
6.2.1. Nierówność Schwartza	180
6.2.2. Własności sygnałów o ograniczonym czasie trwania	180
6.2.2.1. Przyczynowość	181
6.2.2.2. Bezwzględna całkowalność i jej konsekwencje	181
6.2.2.3. Ograniczoność widma amplitudowego	181
6.2.2.4. Różniczkowalność widma i jej konsekwencje	181
6.2.3. Własności sygnałów o ograniczonym paśmie częstotliwości	182
6.2.3.1. Bezwzględna całkowalność widma	182
6.2.3.2. Ograniczoność	182
6.2.3.3. Różniczkowalność sygnału	182
6.2.4. Wniosek I	182
6.2.5. Zasada nieoznaczoności (Heisenberga)	182
6.2.6. Wniosek II	186
6.3. Modulacja impulsowa i próbkowanie (PCM — pulse code modulation) ..	186
6.3.1. Modulacja impulsowa — sygnał dyskretny	186
6.3.2. Widmo sygnału dyskretnego	186
6.3.3. Zjawisko aliasingu	187
6.3.4. Odtwarzanie sygnału analogowego na podstawie sygnału dyskretnego	188
6.3.5. Twierdzenie Kotelnikowa–Shannona–Nyquista	190
6.3.6. Wpływ kształtu sygnałów próbkujących na widmo sygnału zmodulowanego	191
6.3.7. Odtwarzanie sygnału analogowego na podstawie sygnału dyskretnego raz jeszcze	192
6.3.8. Sygnał cyfrowy	193
6.3.8.1. Stałoprzecinkowy, binarny format zapisu liczb	193
6.3.8.2. Zmiennoprzecinkowy, binarny format zapisu liczb	194

6.3.8.3. Kodek	196
6.3.8.4. Szumy kwantowania	196
6.3.8.5. Podział kanału w dziedzinie czasu	197
Wykład 7. Dyskretna transformacja Fouriera	201
7.1. Dyskretna transformacja Fouriera	201
7.1.1. Sygnał dyskretny o skończonym czasie trwania i jego widmo	201
7.1.2. Dyskretna transformacja Fouriera	203
7.1.3. Własności DFT	206
7.1.3.1. Liniowość	206
7.1.3.2. Przesunięcie cykliczne	206
7.1.3.3. Symetria	207
7.1.3.4. Splot liniowy	208
7.1.3.5. Splot kołowy	210
7.1.3.6. Symetria dualna	211
7.1.3.7. Twierdzenie Parsevala	213
7.2. Szybki algorytm obliczania dyskretnej transformaty Fouriera (FFT)	214
7.2.1. Algorytm FFT z podziałem w dziedzinie czasu	214
7.2.2. Algorytm FFT z podziałem w dziedzinie częstotliwości	217
7.2.3 o dodawaniu i mnożeniu liczb przez komputery	220
7.2.3.1. Zmniejszanie czasu cyklu procesora	222
7.2.3.2. Przetwarzanie równoległe	222
7.2.3.2.1 Przetwarzanie potokowe	223
7.2.3.2.2. Instrukcje wielofunkcyjne	223
7.2.3.2.3. Procesory o architekturze VLIW	224
7.2.3.2.4. Procesory superskalarne	224
7.2.4. Przykłady zastosowań DFT poza cyfrowym przetwarzaniem sygnałów	224
7.2.4.1. Identyfikacja współczynników wielomianu	224
7.2.4.2. Szybkie mnożenie wielomianów	226
Wykład 8. Transformacja z	229
8.1. Wstęp	229
8.2. Definicja transformacji z	229
8.3. Transformacja odwrotna	232
8.4. Transformacja z sygnału przyczynowego	234
8.5. Transformacja sygnału stabilnego	234
8.6. Własności transformacji z	234
8.7. Związek z transformacją Fouriera	239
Wykład 9. Liniowe układy dyskretne	241
9.1. Wstęp	241
9.2. Równania różnicowe i równania stanu	241
9.3. Odpowiedź impulsowa	243
9.4. Transmitancja	244
9.5. Przyczynowość i stabilność układów cyfrowych a obszar zbieżności transmitancji	246
9.6. Charakterystyka częstotliwościowa a zera i bieguny transmitancji	247

Wykład 10. Filtry cyfrowe	251
10.1. Filtry SOI	252
10.1.1. Metoda okien czasowych	253
10.2. Filtry NOI	257
10.2.1. Projektowanie filtrów NOI	258
10.2.1.1. Metoda niezmienności odpowiedzi impulsowej	258
10.2.1.2. Transformacja dwuliniowa	260
10.2.2. Przekształcenie charakterystyki częstotliwościowej prototypu dolnoprzepustowego	263