

Spis treści

Przedmowa / 11

Wykaz oznaczeń / 13

1. ROZDZIAŁ

Pojęcie sygnału. Matematyczne modele sygnałów fizycznych / 19

2. ROZDZIAŁ

Sygnały deterministyczne / 24

2.1 Model deterministyczny sygnału fizycznego / 24

2.2 Parametry rzeczywistych sygnałów deterministycznych / 25

2.3 Przykłady rzeczywistych sygnałów deterministycznych / 31

2.3.1 Sygnały impulsowe o ograniczonej energii / 31

2.3.2 Sygnały o nieskończonym czasie trwania i ograniczonej energii / 33

2.3.3 Sygnały nieokresowe o ograniczonej mocy średniej / 35

2.3.4 Sygnały okresowe / 37

2.3.5 Sygnały prawie okresowe / 38

2.3.6 Sygnały dystrybucyjne / 39

2.4 Sygnały zespolone / 48

2.5 Rozkład sygnałów deterministycznych na składowe / 49

2.5.1 Składowa rzeczywista i urojona / 49

2.5.2 Składowa stała i zmienna / 50

2.5.3 Składowa parzysta i nieparzysta / 51

2.6 Przestrzenie sygnałów deterministycznych / 52

2.6.1 Sygnały jako elementy przestrzeni funkcyjnej / 52

2.6.2 Przestrzenie metryczne / 53

2.6.3 Przestrzenie liniowe / 61

2.6.4 Przestrzenie liniowe unormowane. Przestrzenie Banacha / 63

2.6.5 Iloczyn skalarny. Przestrzenie Hilberta / 67

2.7 Analiza korelacyjna sygnałów deterministycznych / 72

2.7.1 Porównywanie sygnałów deterministycznych / 72

2.7.2 Porównywanie wektorów w przestrzeni R^n . Analogia między wektorami

a sygnałami / 73

2.7.3 Współczynniki korelacyjne sygnałów deterministycznych / 77

2.7.4 Funkcje korelacyjne sygnałów deterministycznych / 80

2.8 Splot / 91

2.8.1 Granice całki splotowej / 91

2.8.2 Zbieżność całki splotowej / 94

2.8.3 Właściwości splotu / 94

3. ROZDZIAŁ

Metody analitycznego przedstawiania sygnałów

deterministycznych / 96

- 3.1 Uwagi ogólne/96
- 3.2 Dyskretna reprezentacja sygnałów deterministycznych / 97
 - 3.2.1 Aproksymacja sygnałów deterministycznych / 97
 - 3.2.2 Przestrzeń liniowa n -wymiarowa. Baza przestrzeni / 98
 - 3.2.3 Wyznaczanie reprezentacji sygnału w n -wymiarowej przestrzeni unitarnej. Bazy ortonormalne / 100
 - 3.2.4 Wyznaczanie reprezentacji sygnału w nieskończonej n -wymiarowej przestrzeni unitarnej. Zagadnienie najlepszej aproksymacji / 102
 - 3.2.5 Szereg Fouriera. Równość Parsevala / 108
 - 3.2.6 Normalizacja bazy ortogonalnej / 112
 - 3.2.7 Przykłady zbiorów ortonormalnych zupełnych / 113
- 3.3 Ciągła reprezentacja sygnałów deterministycznych / 131
 - 3.3.1 Koncepcja ogólna. Przekształcenia całkowite / 131
 - 3.3.2 Przekształcenie Fouriera/ 134
 - 3.3.3 Przekształcenie Hilberta. Sygnał analityczny / 135
 - 3.3.4 Przekształcenie Hankela. Kosinusowe i sinusowe przekształcenie Fouriera / 138
 - 3.3.5 Przekształcenie Mellina. Przekształcenie Laplace'a/ 140

4. ROZDZIAŁ

Sygnały stochastyczne / 142

- 4.1 Podstawowe pojęcia probabilistyczne. Notacja / 142
- 4.2 Pojęcie procesu stochastycznego / 160
- 4.3 Klasyfikacja sygnałów stochastycznych / 162
- 4.4 Opis sygnałów stochastycznych / 165
 - 4.4.1 Koncepcja ogólna opisuj / 165
 - 4.4.2 Łączna n -wymiarowa funkcja gęstości prawdopodobieństwa/ 166
 - 4.4.3 Wartość średnia. Funkcja autokorelacji / 168
 - 4.4.4 Dwa sygnały stochastyczne. Funkcje korelacji wzajemnej / 171
- 4.5 Różniczkowanie i całkowanie stochastyczne / 173
- 4.6 Sygnały stacjonarne /175
 - 4.6.1 Sygnały ściśle stacjonarne i sygnały stacjonarne rzędu n / 175
 - 4.6.2 Sygnały stacjonarne w szerszym sensie / 177
 - 4.6.3 Interpretacja fizyczna parametrów sygnału stacjonarnego / 179
 - 4.6.4 Sygnały łącznie stacjonarne / 179
- 4.7 Sygnały ergodyczne / 181
- 4.8 Sygnały stochastyczne zespolone /187
- 4.9 Sygnały normalne / 190
- 4.10 Przykłady sygnałów stochastycznych / 196
 - 4.10.1 Sygnały ciągłe z czasem ciągłym / 196
 - 4.10.2 Sygnały dyskretnie z czasem ciągłym / 206

4.10.2.1 Sygnały asynchroniczne / 206

4.10.2.2 Sygnały synchroniczne / 217

5. ROZDZIAŁ

Metody analitycznego przedstawiania sygnałów stochastycznych / 224

5.1 Uwagi ogólne / 224

5.2 Dyskretnie reprezentacje sygnałów stochastycznych / 225

5.2.1 Zespolony szereg Fouriera sygnału okresowego w sensie
średniokwadratowym / 225 .

5.2.2 Zespolony szereg Fouriera sygnału nieokresowego / 228

5.2.3 Rozwinięcie Karhunen-Loève'a / 231

5.2.4 Szereg Kotelnikowa-Shannona / 241

5.3 Ciągłe reprezentacje sygnałów stochastycznych / 241

5.3.1 Koncepcja ogólna / 241

5.3.2 Stochastyczne przekształcenie Fouriera / 242

5.3.3 Stochastyczne przekształcenie Hilberta. Stochastyczny
sygnał analityczny / 244

6. ROZDZIAŁ

Analiza częstotliwościowa sygnałów deterministycznych / 245

6.1 Uwagi ogólne / 245

6.2 Przekształcenie Fouriera. Zagadnienia F-transformowalności
i wzajemnej jednoznaczności / 247

6.3 Przekształcenie Fouriera w sensie granicznym / 252

6.4 Widmo sygnału / 253

6.5 Właściwości przekształcenia Fouriera / 256

6.5.1 Parzystość i nieparzystość sygnałów oraz widm / 256

6.5.2 Twierdzenia / 258

6.5.3 Opis parametrów sygnału w dziedzinie
częstotliwościowej / 264

6.5.4 Ograniczenia widma amplitudowego sygnału / 266

6.6 Przykłady par transformat Fouriera / 269

6.6.1 Pary transformat Fouriera w sensie zwykłym / 269

6.6.2 Pary transformat Fouriera w sensie granicznym / 277

6.7 Przekształcenie Fouriera sygnału okresowego i jego
związek z zespolonym szeregiem Fouriera / 285

6.7.1 Widmo sygnału okresowego i jego reprezentacje
graficzne / 285

6.7.2 Związek między współczynnikami zespolonego
szeregu Fouriera sygnału okresowego a transformatą
Fouriera centralnego segmentu tego sygnału / 289

6.7.3 Właściwości zespolonego szeregu Fouriera / 290

6.7.4 Związki między zespolonym a rzeczywistymi
trygonometrycznymi szeregami Fouriera sygnału
okresowego / 293

6.7.5 Zbieżność szeregu Fouriera. Efekt Gibbsa / 295

- 6.8 Widmo sygnału prawie okresowego / 298
- 6.9 Widmo gęstości energii i widmo gęstości mocy. Widma wzajemne / 300
- 6.10 Przejście sygnału przez układ liniowy / 309
 - 6.10.1 Związki między charakterystykami sygnału na wejściu i wyjściu układu liniowego / 309
 - 6.10.2 Układ liniowy jako filtr. Filtry idealne / 313
 - 6.10.3 Związek między czasem narastania sygnału na wyjściu filtra dolnoprzepustowego a szerokością pasma przepustowego filtra / 317
- 6.11 Zasada nieoznaczności / 320
- 6.12 Sygnał analityczny. Koncepcja drgania uogólnionego / 323
- 6.13 Twierdzenie o próbkowaniu / 331
 - 6.13.1 Wersja podstawowa / 331
 - 6.13.2 Dyskusja. Inne warianty twierdzenia o próbkowaniu / 338
 - 6.13.3 Odtwarzanie sygnału na podstawie próbek. Próbkowanie idealne / 343
 - 6.13.4 Numeryczne odtwarzanie sygnału na podstawie próbek / 345

7. ROZDZIAŁ

Analiza częstotliwościowa sygnałów stochastycznych / 347

- 7.1 Uwagi ogólne / 347
- 7.2 Stochastyczne przekształcenie Fouriera w sensie granicznym / 348
- 7.3 Charakterystyki częstotliwościowe sygnałów stochastycznych / 349
 - 7.3.1 Widmo gęstości mocy / 349
 - 7.3.2 Widma wzajemne gęstości mocy / 352
 - 7.3.3 Przykłady widma gęstości mocy sygnałów stochastycznych / 353
 - 7.3.4 Ergodyczność widma gęstości mocy / 360
- 7.4 Przejście sygnału stochastycznego przez układ liniowy / 364
 - 7.4.1 Związki między charakterystykami sygnału na wejściu i wyjściu układu liniowego / 364
 - 7.4.2 Twierdzenie o superpozycji widma gęstości mocy / 367
- 7.5 Stochastyczny sygnał analityczny. Drganie uogólnione / 368
- 7.6 Twierdzenie o próbkowaniu sygnałów stochastycznych / 374

8. ROZDZIAŁ

Modulacja sygnałów / 379

- 8.1 Uwagi ogólne / 379
- 8.2 Systemy modulacji ciągłej / 385
 - 8.2.1 Klasyfikacja systemów modulacji ciągłej / 385
 - 8.2.2 Modulacja amplitudy / 388
 - 8.2.2.1 System AM -SC / 388
 - 8.2.2.2 System AM / 396
 - 8.2.2.3 System SSB-SC / 403

8.2.2.4 System SSB /	410
8.2.2.5 Analityczna reprezentacja sygnału jednowstęgowego /	410
8.2.2.6 Koncepcja iloczynowego operatora modulacji /	414
8.2.2.7 Porównanie systemów modulacji amplitudy. System VSB z częściowo stłumioną wstęgą boczną /	417
8.2.3 Modulacja kąta /	426
8.2.3.1 System PM /	428
8.2.3.2 System FM /	443
8.2.4 Odporność na zakłócenia systemów modulacji ciągłej /	450
8.3 Systemy modulacji impulsowej /	454
8.3.1 Klasyfikacja systemów modulacji impulsowej /	454
8.3.2 System PAM. Próbkowanie naturalne i próbkowanie chwilowe /	456
8.3.3 Systemy PDM i PPM /	464
8.3.4 System PCM /	468
8.4 Zwiłokrotnienie częstotliwościowe i zwiłokrotnienie czasowe /	479
Wykaz literatury /	487
Skorowidz /	489