

# Spis treści

|                                                       |    |
|-------------------------------------------------------|----|
| PRZEDMOWA                                             | 8  |
| PODZIĘKOWANIA                                         | 10 |
| <b>Rozdział 1</b>                                     |    |
| WSTĘP                                                 | 11 |
| 1.1. Proces telekomunikacyjny                         | 11 |
| 1.2. Źródła informacji                                | 12 |
| 1.3. Kanály telekomunikacyjne                         | 16 |
| 1.4. Sygnały dolno- i środkowopasmowe                 | 18 |
| 1.5. Reprezentacja sygnałów i systemów                | 19 |
| 1.6. Stochastyka                                      | 21 |
| 1.7. Modulacja                                        | 21 |
| 1.8. Pierwotne zasoby telekomunikacyjne               | 23 |
| 1.9. Teoria informacji i kodowanie                    | 23 |
| 1.10. Telekomunikacja analogowa i cyfrowa             | 26 |
| 1.11. Sieci                                           | 28 |
| 1.12. Rys historyczny                                 | 31 |
| Przypisy i literatura                                 | 35 |
| <b>Rozdział 2</b>                                     |    |
| REPREZENTACJA SYGNAŁÓW I SYSTEMÓW                     | 36 |
| 2.1. Wstęp                                            | 36 |
| 2.2. Transformata Fouriera                            | 36 |
| 2.3. Właściwości transformaty Fouriera                | 42 |
| 2.4. Twierdzenie energetyczne Rayleigha               | 53 |
| 2.5. Odwrotna proporcjonalność czasu i częstotliwości | 55 |
| 2.6. Funkcja delta Diraca                             | 58 |
| 2.7. Transformaty Fouriera sygnałów okresowych        | 66 |
| 2.8. Transmisja sygnałów przez układy liniowe         | 68 |

|       |                                             |     |
|-------|---------------------------------------------|-----|
| 2.9.  | Filtry                                      | 75  |
| 2.10. | Transformata Hilberta                       | 83  |
| 2.11. | Signal analityczny                          | 89  |
| 2.12. | Prezentacja kanoniczna sygnałów pasmowych   | 91  |
| 2.13. | Systemy pasmowoprzepustowe                  | 97  |
| 2.14. | Opóźnienie fazowe i grupowe                 | 103 |
| 2.15. | Numeryczne obliczanie transformaty Fouriera | 105 |
| 2.16. | Podsumowanie                                | 114 |
|       | Przypisy i literatura                       | 115 |
|       | Zadania                                     | 116 |

### Rozdział 3

|                  |                                                        |     |
|------------------|--------------------------------------------------------|-----|
| MODULACJA CIĄGŁA |                                                        | 126 |
| 3.1.             | Wstęp                                                  | 126 |
| 3.2.             | Modulacja amplitudy                                    | 127 |
| 3.3.             | Zalety, ograniczenia i modyfikacje modulacji amplitudy | 134 |
| 3.4.             | Modulacja dwuwęstęgowa ze słuimioną fają nośną         | 137 |
| 3.5.             | Filtracja wstęg                                        | 143 |
| 3.6.             | Modulacja z częściowo słuimioną wstęgą boczną          | 148 |
| 3.7.             | Modulacja jednowęstęgowa                               | 151 |
| 3.8.             | Przesuw częstotliwości                                 | 155 |
| 3.9.             | Zwielokrotnianie i mnożenie częstotliwości             | 156 |
| 3.10.            | Modulacja kąta                                         | 158 |
| 3.11.            | Modulacja częstotliwości                               | 162 |
| 3.12.            | Układ z pętlą fazową                                   | 184 |
| 3.13.            | Nieliniowe zjawiska w systemach FM                     | 193 |
| 3.14.            | Odbiornik superheterodynowy                            | 197 |
| 3.15.            | Podsumowanie i dyskusja                                | 199 |
|                  | Przypisy i literatura                                  | 201 |
|                  | Zadania                                                | 202 |

### Rozdział 4

|                |                                                        |     |
|----------------|--------------------------------------------------------|-----|
| PROCESY LOSOWE |                                                        | 221 |
| 4.1.           | Wstęp                                                  | 221 |
| 4.2.           | Teoria prawdopodobieństwa                              | 222 |
| 4.3.           | Zmienne losowe                                         | 228 |
| 4.4.           | Średnie statystyczne                                   | 232 |
| 4.5.           | Przekształcenia zmiennych losowych                     | 236 |
| 4.6.           | Procesy stochastyczne                                  | 240 |
| 4.7.           | Stacjonarność                                          | 240 |
| 4.8.           | Wartość średnia, funkcje korelacji i kowariancji       | 242 |
| 4.9.           | Ergodyczność                                           | 249 |
| 4.10.          | Transmisja sygnału stochastycznego przez filtr liniowy | 250 |
| 4.11.          | Widmowa gęstość mocy                                   | 251 |
| 4.12.          | Procesy gaussowskie                                    | 263 |
| 4.13.          | Szumy                                                  | 267 |
| 4.14.          | Szum wąskopasmowy                                      | 281 |
| 4.15.          | Signal sinusoidalny z szumem wąskopasmowym             | 293 |
| 4.16.          | Podsumowanie                                           | 294 |
|                | Przypisy i literatura                                  | 297 |
|                | Zadania                                                | 299 |

**Rozdział 5**

|                                                |     |
|------------------------------------------------|-----|
| <b>SZUM W UKŁADACH MODULACJI Z FAŁĄ CIĄGLĄ</b> | 311 |
| 5.1. Wprowadzenie                              | 311 |
| 5.2. Model odbiornika                          | 311 |
| 5.3. Szumy odbiorników DSB-SC                  | 314 |
| 5.4. Szumy odbiorników SSB                     | 316 |
| 5.5. Szumy odbiorników AM                      | 319 |
| 5.6. Szumy odbiorników FM                      | 323 |
| 5.7. Preemfaza i deemfaza FM                   | 336 |
| 5.8. Podsumowanie i dyskusja                   | 339 |
| Przypisy i literatura                          | 341 |
| Zadania                                        | 342 |

**Rozdział 6**

|                                                           |     |
|-----------------------------------------------------------|-----|
| <b>MODULACJA IMPULSOWA</b>                                | 347 |
| 6.1. Wstęp                                                | 347 |
| 6.2. Proces próbkowania                                   | 348 |
| 6.3. Modulacja amplitudy impulsów                         | 352 |
| 6.4. Zwielokrotnianie z podziałem czasowym                | 357 |
| 6.5. Modulacja położenia impulsów                         | 359 |
| 6.6. Relacja szerokość pasma — poziom szumu               | 366 |
| 6.7. Proces kwantowania                                   | 367 |
| 6.8. Modulacja impulsowo-kodowa                           | 372 |
| 6.9. Szumy systemów PCM                                   | 381 |
| 6.10. Właściwości, ograniczenia i modyfikacje systemu PCM | 383 |
| 6.11. Modulacja delta                                     | 384 |
| 6.12. Różnicowa modulacja impulsowo-kodowa                | 388 |
| 6.13. Kodowanie mowy przy małej szybkości bitowej         | 393 |
| 6.14. Podsumowanie i dyskusja                             | 396 |
| Przypisy i literatura                                     | 399 |
| Zadania                                                   | 400 |

**Rozdział 7**

|                                                                                          |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>TRANSMISJA W PASMIE PODSTAWOWYM</b>                                                   | 406 |
| 7.1. Wstęp                                                                               | 406 |
| 7.2. Filtr dopasowany do sygnału                                                         | 407 |
| 7.3. Stopa błędów związana z szumem                                                      | 412 |
| 7.4. Interferencja międzysymbolowa                                                       | 417 |
| 7.5. Kryterium Nyquista dla nieznieskształconej transmisji binarnej w pasmie podstawowym | 420 |
| 7.6. Kodowanie o poziomach częściowo skorelowanych                                       | 427 |
| 7.7. Transmisja $M$ -wartościowa sygnałów PAM                                            | 437 |
| 7.8. Korekcja linią opóźniającą z odczepami                                              | 439 |
| 7.9. Korekcja adaptacyjna                                                                | 444 |
| 7.10. Wykres oczkowy                                                                     | 452 |
| 7.11. Podsumowanie i dyskusja                                                            | 456 |
| Przypisy i literatura                                                                    | 457 |
| Zadania                                                                                  | 457 |