

*Instrukcja do zajęć laboratoryjnych*

**Temat ćwiczenia: Cyfrowa transmisja pasmowa.**

Numer ćwiczenia: 5

Laboratorium z przedmiotu:

**PODSTAWY TELEKOMUNIKACJI**

KOD: TS1C200014

Opracowali: dr inż. Krzysztof Konopko

2016

# 1. Wprowadzenie

W systemach cyfrowych źródło informacji wysyła co  $T$  sekund jeden z  $M$  symboli. W przypadku, gdy  $M=2$ , system modulacji nazywamy binarnym (2-wartosciowym). Liczba  $M$  jest z reguły dodatnią całkowitą potęgą dwójki, a transmitowane symbole są reprezentowane słowami binarnymi o długości  $\log_2 M$ . Odcinek czasu o długości  $T$ , w którym jest transmitowany pojedynczy symbol nazywa się przedziałem symbolowym. Odcinek  $T$  obejmuje  $\log_2 M$  odcinków czasu o długości  $T_b = T / \log_2 M$  równej czasowi trwania bitu. Przedział  $T_b$  nazywa się przedziałem bitowym. W przypadku binarnych systemów modulacji  $T_b = T$ .

Zadaniem modulatora jest wytworzenie w kolejnych przedziałach symbolowych sygnałów będących odcinkami harmonicznej fali nośnej o długości  $T$ . Sygnały te są następnie transmitowane przez kanał do odbiornika, przy czym parametry tych sygnałów: amplituda, faza lub częstotliwość są zmieniane w zależności od symbolu przesyłanego w danym przedziale czasu  $T$ . Ponieważ zmiany tych parametrów następują skokowo, mówimy o kluczowaniu amplitudy (systemy ASK – *Amplitude-Shift Keying*), kluczowaniu fazy (systemy PSK – *Phase-Shift Keying*) lub kluczowaniu częstotliwości (systemy FSK – *Frequency-Shift Keying*).

Analizę sygnałów zmodulowanych cyfrowo ułatwia wprowadzenie geometrycznej reprezentacji sygnałów. W ujęciu geometrycznym sygnały transmitowane w kolejnych przedziałach symbolowych  $T$ , są reprezentowane wektorami w zwykłej skończonej wymiarowej przestrzeni wektorowej. Zasada tej reprezentacji polega na przedstawieniu transmitowanych sygnałów w postaci kombinacji liniowych pewnych standardowych rzeczywistych sygnałów określonych w przedziale czasu  $0 < t < T$  i ortonormalnych w tym przedziale. Zbiór tych standardowych sygnałów jest nazywany przestrzenią sygnałów, zaś zbiór punktów reprezentujących transmitowane sygnały nosi nazwę konstelacji sygnałów.

W trakcie transmisji sygnały cyfrowe są zniekształcane na skutek nieuniknionej obecności szumów i interferencji kanału transmisyjnego oraz (w przypadku detekcji koherentnej) na skutek braku idealnej synchronizacji nadajnika i odbiornika.

Miarą tego błędu jest BER (Bit Error Rate) – bitowa stopa błędów określająca stosunek liczby bitów przesłanych z błędami, do całkowitej liczby wysłanych bitów.

W przypadku binarnego systemu transmisyjnych, obecność błędnych bitów oznacza, iż symbol 1 zostaje mylnie uznany za symbol 0 i vice versa.

## **2. Cel i zakres ćwiczenia**

W ćwiczeniu analizowane są geometryczne reprezentacje zmodulowanych sygnałów cyfrowych. Na podstawie wyznaczonych wartości BER (bitowa stopa błędów) określone są właściwości transmisyjne wybranych rodzajów modulacji binarnych i wielowartościowych. W trakcie ćwiczenia studenci zapoznają się również z możliwościami wykorzystania pakiet narzędzi GNU Radio w analizie rzeczywistych systemów transmisyjnych.

## **3. Sposób wykonania ćwiczenia**

### **3.1. Zagadnienia do opracowania przed przystąpieniem do zajęć**

Przed przystąpieniem do zajęć należy zapoznać się z podstawową obsługą programu GNU Radio, zawartą w instrukcji „Badanie charakterystyk częstotliwościowych telefonicznego kanału transmisyjnego” [4]. Ponadto należy opracować następujące zagadnienia teoretyczne:

- właściwości binarnych modulacji cyfrowych BASK, BPSK i BFSK,
- właściwości M-wartościowych modulacji cyfrowych PSK i QAM,
- sposoby koherentnej i niekoherentnej detekcji zmodulowanych sygnałów cyfrowych.

### **3.2. Przebieg ćwiczenia**

Ćwiczenia laboratoryjne prowadzone są z zastosowaniem pakietu narzędzi programistycznych GNURadio umożliwiającego implementację rzeczywistych systemów telekomunikacyjnych. Telefoniczny tor transmisyjny zestawiony jest z zastosowaniem łącz analogowych dołączonych do cyfrowej centrali telefonicznej Alcatel S12. Dostęp do abonenckiej pętli analogowej zrealizowano z zastosowaniem centrali PABX pracującej pod kontrolą programu Asterisk z zastosowaniem kart

analogowych AX-E-800PN/AX-E-1600P wyposażonych w interfejsy FXO i FXS. W trakcie ćwiczenia należy:

- W programie gnuradio-companion wybrać File → Open i wczytać schemat modulacje\_cyfrowe.grc.
- Zmieniając wartości w blokach definiujących rodzaj modulacji cyfrowych zobrazować konstelacje sygnałów dla następujących modulacji cyfrowych:
  - BASK,
  - BPSK,
  - QPSK,
  - 8PSK,
  - 16QAM.

Liczbę symboli zmieniamy w bloku Random Source ustwiając parametr Maximum na wartość odpowiadającą liczbie symboli w danym rodzaju modulacji. Konstelację sygnałów określamy w bloku Variable (ID: const) podając położenie punktów odpowiadających poszczególnym symbolom (np. wartość [complex(-1), complex(0-1j), complex(0+1j), complex(1)] odpowiada modulacji o 4 symbolach.

przed blokiem Audio Source dodać za pomocą bloku ADD sygnał zakłócający generowany z bloku Noise Source, zaobserwować wpływ addytywnego szumu na poszczególne konstelacje sygnałów.

- W programie gnuradio-companion wybrać File → Open i wczytać schemat modulacje\_cyfrowe\_BER.grc. W bloku Noise Source wartość parametru Noise Type ustawić na Gaussian, następnie zmieniając wartości parametru Amplitude na 1, 0.707, 0.630, 0.562, 0.501, 0.446, 0.398, 0.354, 0.316, 0.282, 0.251, 0.224, 0.199, 0.177, 0.158, 0.141, 0.125 i 0.112, wyznaczyć wykres bitowej stopy błędów w funkcji SNR dla modulacji BPSK. Zmienić wartości parametrów w blokach definiujących rodzaj modulacji cyfrowej, a następnie wyznaczyć wykres bitowej stopy błędów w funkcji SNR dla modulacji QPSK.

## 4. Sprawozdanie z ćwiczenia

Sprawozdanie powinno zawierać:

- wyniki przeprowadzonych pomiarów,
- analizę bloków wykorzystanych w ćwiczeniu,
- konstelacje sygnałów dla badanych w ćwiczeniu systemów modulacji,
- wykres bitowej stopy błędów w funkcji SNR (stosunek sygnał szum) i jej porównanie z wartościami teoretycznymi,
- wnioski wynikające z przeprowadzonych badań.

## 5. Wymagania BHP

W trakcie realizacji programu ćwiczenia należy przestrzegać zasad omówionych we wstępie do ćwiczeń, zawartych w: „Regulaminie porządkowym w laboratorium” oraz w „Instrukcji obsługi urządzeń elektronicznych znajdujących się w laboratorium z uwzględnieniem przepisów BHP”. Regulamin i instrukcja są dostępne w pomieszczeniu laboratoryjnym w widocznym miejscu.

## 6. Literatura

1. S. Haykin „Systemy telekomunikacyjne”, WKŁ, Warszawa 2004.
2. W. Kabaciński, M. Żal, "Sieci telekomunikacyjne", WKŁ, Warszawa 2008.
3. <http://gnuradio.org/>
4. „Badanie charakterystyk częstotliwościowych telefonicznego kanału transmisyjnego”: <http://teleinfo.pb.edu.pl/pte/>