

Instrukcja do zajęć laboratoryjnych

Temat ćwiczenia: Modulacja częstotliwości.

Numer ćwiczenia: 8

Laboratorium z przedmiotu:

PODSTAWY TELEKOMUNIKACJI

KOD: TS1D2012

Opracowali: dr inż. Krzysztof Konopko

2018

1. Wprowadzenie

W systemie telekomunikacyjnym można wyróżnić trzy podstawowe elementy: nadajnik, odbiornik i kanał transmisyjny. Nadajnik zlokalizowany jest w jednym miejscu przestrzeni, a odbiornik w innym oddalonym od nadajnika. Kanał transmisyjny jest pewnym fizycznym medium łączącym odbiornik z nadajnikiem. Po stronie nadawczej systemu występuje źródło wiadomości, generujące pierwotny sygnał informacyjny oraz nadajnik, którego zadaniem jest wytworzenie sygnału zmodulowanego. W nadajniku jest realizowany cały zespół operacji mających na celu odpowiednie ukształtowanie sygnału przekazywanego do odbiornika przez kanał transmisyjny. Zestaw tych operacji w różnych systemach jest na ogół różny. W każdym nadajniku występują jednak dwa podstawowe układy: modulator oraz wzmacniacz. Zadaniem modulatora jest wytworzenie sygnału zmodulowanego, tj. przetworzenie sygnału elektrycznego do postaci, która umożliwia jego transmisję na odległość. Zadaniem układów wzmacniających jest natomiast zapewnienie odpowiedniej mocy tego sygnału. W przypadku systemów bezprzewodowych (radiowych, telewizyjnych, radiolokacyjnych, telemetrycznych) w nadajniku występuje ponadto antena nadawcza, za pomocą której sygnał zmodulowany jest emitowany w wolną przestrzeń. Sygnał otrzymany na wyjściu nadajnika jest transmitowany przez kanał transmisyjny do odbiornika. Po stronie odbiorczej występuje odbiornik sygnału oraz odbiornik informacji. Zasadniczym zadaniem odbiornika sygnału jest dokonanie demodulacji sygnału i dostarczenie go do adresata wiadomości, którym w większości przypadków jest człowiek.

W przypadku transmisji sygnałów z zastosowaniem bezprzewodowych mediów transmisyjnych niezbędne jest dostosowanie warunków emisji do rekomendacji i norm ustalanych przez międzynarodowe i krajowe organy regulacyjne. W Polsce zakres urządzeń radiowych nadawczych lub nadawczo-odbiorczych, które mogą być używane bez pozwolenia radiowego, określa rozporządzenie ministra administracji i cyfryzacji z dnia 12 grudnia 2014 r. [1]. Rozporządzenie określa warunki używania urządzeń nadawczych, w szczególności zakresy wykorzystywanych przez nie częstotliwości, maksymalną moc promieniowaną lub maksymalne natężenie pola magnetycznego oraz obszar ich używania.

2. Cel i zakres ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zbudowanie w środowisku GnuRadio nadajnika i odbiornika FM, który umożliwi zarówno modulację sygnału, przesłanie go przez bezprzewodowy kanał transmisyjny, oraz jego odbiór, demodulację i odsłuch. W trakcie ćwiczenia studenci zapoznają się z modulacją częstotliwości FM i modulacją fazy PM. W szczególności analizują właściwości pasmowe modulacji FM i PM oraz metody detekcji sygnałów zmodulowanych częstotliwościowo.

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 „Zajęcia wstępne, zapoznanie z GNURadio” [3]. Ponadto, na podstawie informacji z wykładu i dostępnej literatury [2], należy opracować następujące zagadnienia teoretyczne:

- właściwości energetyczne, pasmowe i szumowe modulacji częstotliwości FM i fazy PM,
- metody generacji sygnałów zmodulowanych częstotliwościowo i fazowo,
- detekcja sygnałów zmodulowanych częstotliwościowo.

3.2. Przebieg ćwiczenia

Ćwiczenia laboratoryjne prowadzone są z zastosowaniem pakietu narzędzi programistycznych GNURadio umożliwiającego implementację rzeczywistych systemów telekomunikacyjnych. Bezprzewodowy tor transmisyjny jest zestawiany z zastosowaniem urządzenia HackRF One [4], stanowiącego układ nadajnika i odbiornika fal elektromagnetycznych pracującego w trybie half-duplex w paśmie od 1 MHz do 6 GHz, oraz anteny teleskopowej ANT500 [5].

W trakcie ćwiczenia należy:

(a) Uruchomić środowisko GRC (*GNU Radio Companion*) i wczytać plik `gen_FM.grc`. Uruchomić symulację za pomocą komendy **Run** → **Execute**. Zmieniając

wartości parametrów: **fm** (częstotliwość sygnału informacyjnego), **A** (amplituda sygnału informacyjnego) oraz **sens** (czułość modulatora związany jest z dewiacją częstotliwości następującą zależnością $\text{sens} = 2\pi\Delta f/f_s$, gdzie Δf jest dewiacją częstotliwości, a f_s częstotliwością próbkowania sygnału) zaobserwować zmiany przebiegów czasowych oraz charakterystyki widmowej sygnału zmodulowanego.

(b) Ustawić wartość parametru **A=1** oraz **fm=1000** i zmierzyć zmianę szerokości pasma i odstęp między prążkami w widmie sygnału zmodulowanego przy zmianie parametru **sens** w zakresie od 0,01 do 1.

(c) Ustawić wartość parametru **sens=0,5** oraz **fm=1000** i zmierzyć zmianę szerokości pasma i odstęp między prążkami w widmie sygnału zmodulowanego przy zmianie parametru **A** w zakresie od 0,01 do 1.

(d) Ustawić wartość parametru **A=1** oraz **sens=0,5** i zmierzyć zmianę szerokości pasma i odstęp między prążkami w widmie sygnału zmodulowanego przy zmianie parametru **fm** w zakresie od 100 do 0,1 częstotliwości próbkowania. Zakończyć symulację z zastosowaniem komendy **Run → Kill**.

(e) wczytać plik `gen_PM.grc`. Uruchomić symulację za pomocą komendy **Run → Execute**. Zmieniając wartości parametrów: **fm** (częstotliwość sygnału informacyjnego), **A** (amplituda sygnału informacyjnego) oraz **sens** (czułość modulatora) powtórzyć pomiary z podpunktów **(b)**, **(c)**, **(d)**.

(f) Wczytać plik `det_FM.grc`. Uruchomić symulację za pomocą komendy **Run → Execute**. Zmieniając zakres częstotliwości określić, na podstawie analizy widmowej, parametry nadawanych sygnałów radiowych (częstotliwość i unormowaną moc sygnału). Zaobserwować przebiegi czasowe i charakterystyki widmowe odbieranych sygnałów. Dokonać odsłuchu poszczególnych stacji radiowych.

4. Sprawozdanie z ćwiczenia

Sprawozdanie powinno zawierać:

- wyniki przeprowadzonych pomiarów,
- analizę bloków wykorzystanych w ćwiczeniu,
- 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. „Rozporządzenie ministra administracji i cyfryzacji w sprawie urządzeń radiowych nadawczych lub nadawczo-odbiorczych, które mogą być używane bez pozwolenia radiowego”, Dz. U. z 2014 r. poz. 1843.
2. S. Haykin „Systemy telekomunikacyjne”, WKŁ, Warszawa 2004.
3. „Zajęcia wstępne, zapoznanie z GNURadio”: <http://teleinfo.pb.edu.pl/pte/>
4. <https://greatscottgadgets.com/hackrf/>
5. <https://greatscottgadgets.com/ant500/>