

# Kluczowanie amplitudy, częstotliwości i fazy (I)

Opracowanie: Tomasz Mąka <tmaka@zut.edu.pl>

## 1. Wprowadzenie

W najprostszym przypadku, kiedy sygnał informacyjny składa się ze strumienia binarnego, można zastosować jednokrotną modulację cyfrową [1]. Sygnałem nośnym w tym przypadku jest ton prosty postaci  $z(t) = A_n \cdot \sin(2\pi \cdot f_n \cdot t + \phi_n)$  natomiast rodzaj modulacji zależy od tego jaki parametr fali nośnej jest modyfikowany przez sygnał cyfrowy. Kiedy sygnał modulujący składa się ze strumienia bitów  $b[n]$  to tego rodzaju modulację nazywa się kluczkowaniem [2], a w sygnale zmodulowanym występują jedynie dwa poziomy danego parametru fali nośnej. W sytuacji, gdy sygnał cyfrowy modyfikuje amplitudę, częstotliwość lub fazę fali nośnej to mamy do czynienia odpowiednio z kluczkowaniem z przesuwem amplitudy, częstotliwości lub fazy.

Kluczkowanie z przesuwem amplitudy (ASK):

$$z_A(t) = \begin{cases} A_1 \cdot \sin(2\pi \cdot f_n \cdot t) & \text{dla } b[n] = 0, \\ A_2 \cdot \sin(2\pi \cdot f_n \cdot t) & \text{dla } b[n] = 1. \end{cases}$$

Kluczkowanie z przesuwem fazy (PSK):

$$z_P(t) = \begin{cases} \sin(2\pi \cdot f_n \cdot t) & \text{dla } b[n] = 0, \\ \sin(2\pi \cdot f_n \cdot t + \pi) & \text{dla } b[n] = 1. \end{cases}$$

Kluczkowanie z przesuwem częstotliwości (FSK):

$$z_F(t) = \begin{cases} \sin(2\pi \cdot f_{n1} \cdot t) & \text{dla } b[n] = 0, \\ \sin(2\pi \cdot f_{n2} \cdot t) & \text{dla } b[n] = 1. \end{cases}$$

gdzie:  $n = 0, \dots, B - 1$ ;  $B$  - liczba bitów sygnału informacyjnego.

## 2. Ćwiczenia

1. Napisać funkcję zamieniającą dowolny napis w formacie ASCII (kody od 32 do 127) na strumień bitowy, gdzie każdemu znakowi odpowiada 7-bitowa reprezentacja binarna.
2. Dla dowolnego strumienia bitowego  $b[n]$  przyjąć czas trwania pojedynczego bitu  $T_b$  [s]. Następnie należy dobrać parametry  $A_1$ ,  $A_2$  ( $A_1 \neq A_2$ ),  $f_n = W \cdot T_b^{-1}$  oraz wygenerować sygnały zmodulowane  $z_A(t)$ ,  $z_P(t)$  oraz  $z_F(t)$ . Częstotliwości w przypadku kluczkowania FSK można dobrać według następujących zależności:

$$f_{n1} = \frac{W + 1}{T_b} \quad f_{n2} = \frac{W + 2}{T_b}$$

gdzie  $W$  jest liczbą całkowitą określającą docelową częstotliwość (po wymnożeniu przez odwrotność czasu trwania pojedynczego bitu).

3. Wygenerować sygnały  $z_A(t)$ ,  $z_P(t)$  oraz  $z_F(t)$  dla  $W = 2$  oraz ich przebiegi czasowe. Przy generowaniu wykresu ograniczyć liczbę bitów do  $B = 10$ .
4. Wygenerować widma amplitudowe w skali decybelowej sygnałów zmodulowanych  $z_A(t)$ ,  $z_P(t)$  oraz  $z_F(t)$ . W tym przypadku sygnał źródłowy powinien odzwierciedlać cały strumień bitowy. Należy tak dobrać skalę częstotliwościową (liniową lub logarytmiczną) aby jak najwięcej prążków widma było widocznych na wykresie.
5. Oszacować szerokość pasma  $B_{3dB}$ ,  $B_{6dB}$  oraz  $B_{12dB}$  sygnału zmodulowanego dla każdego z rodzajów kluczkowania (ASK, PSK oraz FSK).

### 3. Uwagi

- W pliku tekstowym (*wnioski.txt*) należy opisać obserwacje i wnioski wynikające z przeprowadzonych eksperymentów i pomiarów.
- Parametry, których wartości nie podano należy dobrać samodzielnie uwzględniając ograniczenia wynikające z zadania lub z twierdzenia o próbkowaniu.
- Po wybraniu częstotliwości nośnej  $f_n$  należy wybrać częstotliwość próbkowania spełniającą warunek  $f_s \geq 2 \cdot f_n$ .
- Do wszystkich eksperymentów proszę wybrać jednakowy czas trwania sygnałów ( $T_c$ ), zakładając że czas trwania bitu  $T_b = T_c/B$ .
- Wszystkie pliki uzyskane w trakcie ćwiczenia należy umieścić w repozytorium GIT w katalogu *lab-4*.
- Łączna liczba wykresów do wygenerowania ze wszystkich zadań wynosi 6 (trzy przebiegi czasowe – punkt 3 oraz trzy widma amplitudowe – punkt 4)

### Literatura

- [1] C. Frąć, *O sygnałach bez całek*, Radmor S.A., Gdynia, 2012
- [2] S. Haykin, *Systemy telekomunikacyjne - tom 2*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1998