

Modulacje amplitudy i kąta

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

1. Wprowadzenie

Proces modulacji polega na przenoszeniu sygnału z zakresu niskich częstotliwości na zakres wysokich częstotliwości z wykorzystaniem sygnału nośnego. Modulacja realizowana jest przez zmianę określonych parametrów fali nośnej na podstawie zmian sygnału informacyjnego [1]. W celach ilustracyjnych procesu modulacji na zajęciach będą rozpatrywane jedynie przypadki modulacji jednym tonem. W takim przypadku sygnałem informacyjnym jest ton prostej postaci: $m(t) = \sin(2\pi f_m t)$.

Sygnały zmodulowane jednym tonem $m(t)$ opisują następujące zależności [2]:

1. Sygnał zmodulowany amplitudowo:

$$z_A(t) = [k_A \cdot m(t) + 1] \cdot \cos(2\pi f_n t).$$

2. Sygnał zmodulowany kątowno:

— modulacja fazy:

$$z_P(t) = \cos[2\pi f_n t + k_P \cdot m(t)],$$

— modulacja częstotliwości:

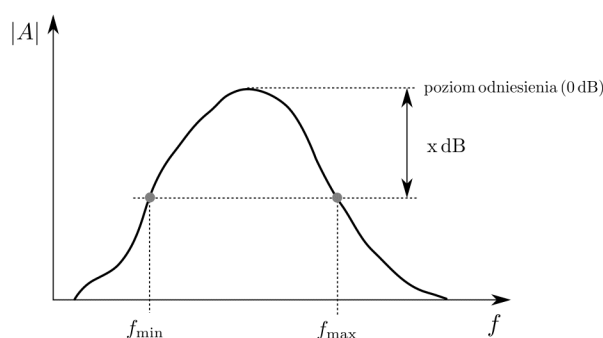
$$z_F(t) = \cos\left[2\pi f_n t + \frac{k_F}{f_m} \cdot m(t)\right].$$

2. Ćwiczenia

1. Wygenerować sygnały zmodulowane $z_A(t)$, $z_P(t)$ oraz $z_F(t)$ dla następujących przypadków (f_n oraz f_m należy dobrać tak aby był spełniony warunek $f_n \gg f_m$):

— modulacja amplitudy : a) $1 > k_A > 0$; b) $12 > k_A > 2$; c) $k_A > 20$
— modulacja fazy : a) $k_P < 1$; b) $\pi > k_P > 0$; c) $k_P > 2\pi$
— modulacja częstotliwości : a) $k_F < 1$; b) $\pi > k_F > 0$; c) $k_F > 2\pi$

2. Narysować przebiegi w dziedzinie czasu sygnałów zmodulowanych $z_A(t)$, $z_P(t)$ oraz $z_F(t)$ dla wybranych współczynników głębokości modulacji.
3. Narysować widma amplitudowe w skali decybelowej sygnałów zmodulowanych $z_A(t)$, $z_P(t)$ oraz $z_F(t)$. Należy tak dobrać skalę osi częstotliwości (liniową lub logarytmiczną) aby jak najwięcej prążków widma było widocznych na wykresie.
4. Oszacować szerokość pasma B_{3dB} , B_{6dB} oraz B_{12dB} sygnału zmodulowanego w sposób przedstawiony na rysunku 1.



$$B_{x\text{ dB}} = f_{\max} - f_{\min}$$

Rysunek 1. Schemat wyznaczania szerokości pasma sygnału [3].

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 sygnału informacyjnego f_m oraz częstotliwości nośnej f_n należy wybrać częstotliwość próbkowania spełniającą warunek $f_s \geq 2 \cdot \max(f_n, f_m)$.
- Do wszystkich eksperymentów proszę wybrać jednakowy czas trwania sygnałów.
- Wszystkie pliki uzyskane w trakcie ćwiczenia należy umieścić w repozytorium GIT w katalogu *lab-3*.
- Łączna liczba wykresów do wygenerowania ze wszystkich zadań wynosi 18 (po 3 widma amplitudowe oraz 3 przebiegi w dziedzinie czasu dla każdego rodzaju modulacji).

Literatura

- [1] C. Frąć, *O sygnałach bez całek*, Radmor S.A., Gdynia, 2012
- [2] S. Haykin, *Systemy telekomunikacyjne - tom 1*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1998
- [3] Recommendation ITU-R SM.443-4, *Bandwidth measurement at monitoring stations*, Geneva, 2018