

**AKADEMIA MORSKA
KATEDRA Nawigacji Technicznej**

| ELEMETY ELEKTRONIKI – LABORATORIUM | | | |
|---|--------------------------|----------------|-------------|
| Kierunek | NAWIGACJA | | |
| Specjalność | Transport morski | Semestr | II |
| Ćw. 5 | Modulacja AM i FM | | |
| Wersja opracowania | | | Marzec 2005 |

Opracowanie:

mgr inż. Jacek Czerniawski

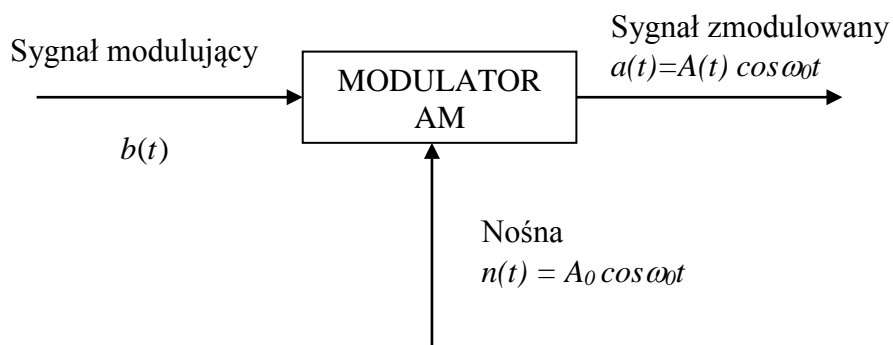
mgr inż. Marcin Czabański

1. WPROWADZENIE

1.1. Modulacja AM

Modulacją amplitudy nazywamy uzależnienie amplitudy fali nośnej od sygnału modulującego. W modulatorze drgania fali nośnej są zniekształcone, czyli zmodulowane w takt sygnału modulującego. Tak zmodulowana fala jest raz silniejsza a raz słabsza. W modulacji AM wahania wartości sygnału odbieranego są traktowane jako sygnał użyteczny. Modulacja AM jest podatna na zakłócenia, stąd obecnie stosuje się przeważnie modulacje częstotliwościowa (FM).

Schemat modulatora amplitudowego przedstawia rysunek 1.



Rys. 1. Schemat funkcjonalny modulatora amplitudowego.

Przy konwencjonalnej modulacji amplitudy wyrażenie na sygnał zmodulowany ma postać:

$$a(t) = A_0 [1 + k \cdot b(t)] \cos \omega_0 t = A(t) \cos \omega_0 t \quad (1.1)$$

gdzie: k – współczynnik proporcjonalności, $b(t)$ – sygnał modulujący, ω_0 – pulsacja fali nośnej, $A(t) = A_0 [1 + k b(t)]$ – amplituda chwilowa sygnału zmodulowanego

Zatem przy spełnieniu warunku

$$[1 + k \cdot b(t)] \geq 0 \quad (1.2)$$

$A(t)$ przyjmuje wartości nieujemne.

Przy modulacji amplitudy pojedynczym sygnałem sinusoidalnym

$$b(t) = B \cos \omega_m t \quad (1.3)$$

amplituda chwilowa sygnału zmodulowanego jest równa

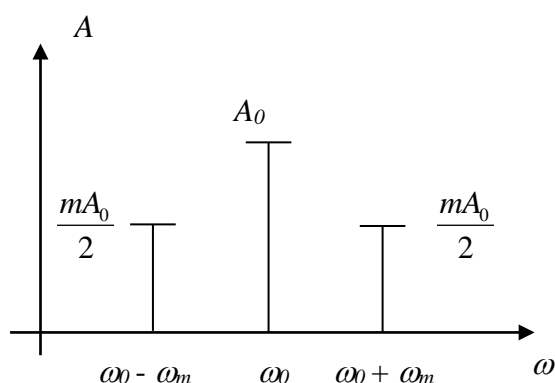
$$A(t) = A_0 (1 + m \cos \omega_m t) \quad (1.4)$$

gdzie $m = kB$ oznacza głębokość modulacji.

Sygnał zmodulowany można wtedy wyrazić również jako

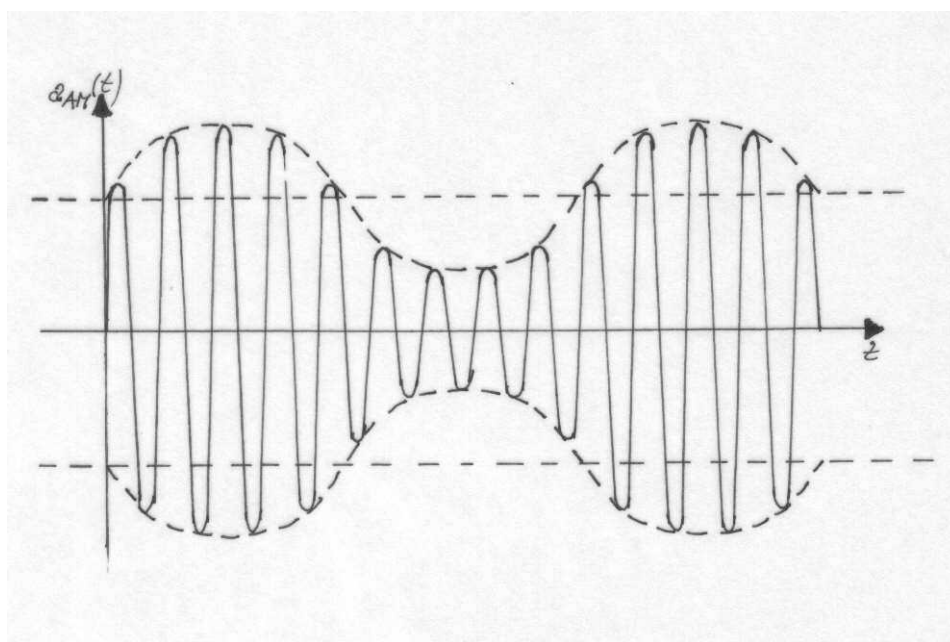
$$a(t) = A_0 \cos \omega_0 t + \frac{mA_0}{2} \cos(\omega_0 + \omega_m)t + \frac{mA_0}{2} \cos(\omega_0 - \omega_m)t \quad (1.5)$$

Widmo sygnału AM przy liniowej modulacji amplitudy pojedynczą cosinusoidą jest przedstawiony na rysunku 2.



Rys. 2. Widmo sygnału AM

Przebieg czasowy sygnału AM jest przedstawiony na rysunku 3.



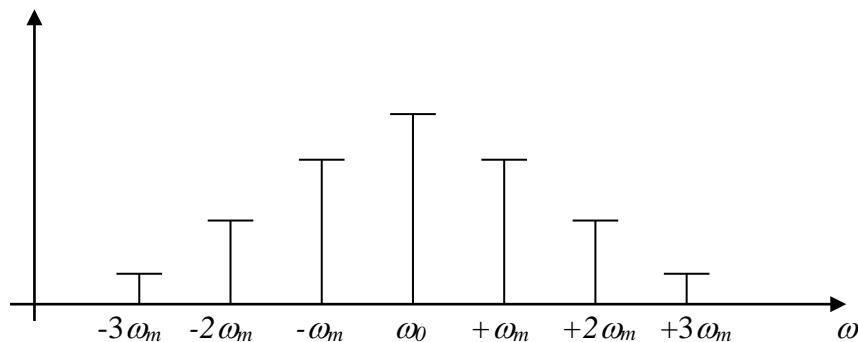
Rys. 3. Przebieg czasowy sygnału zmodulowanego amplitudowo.

Rozważając przypadek sygnału przemodulowanego tzn. modulację pojedynczą cosinusoidalną na liniowej charakterystyce statycznej przy głębokości modulacji $m > 1$, amplituda fali nośnej jest mniejsza od amplitudy cosinusoidalnej o częstotliwości modulującej, a więc amplitudę chwilową sygnału zmodulowanego można określić zależnością

$$A(t) = \begin{cases} A_0(1 + m \cos \omega_m t) & \text{dla } -\left(\pi - \frac{\theta}{2}\right) \leq \omega_m t \leq \left(\pi - \frac{\theta}{2}\right) \\ 0 & \text{dla pozostałych } \omega_m t \end{cases} \quad (1.6)$$

gdzie $\theta = 2 \arccos \frac{1}{m}$; $m > 1$

Widmo omawianego sygnału, teoretycznie rozciągające się aż do nieskończoności tworzą prążki odległe od siebie na osi częstotliwości o ω_m o wysokościach zależnych od głębokości modulacji. Przykładowe widmo sygnału przemodulowanego pojedynczą kosinusoidą jest przedstawione na rysunku 4.



Rys. 4. Przykładowe widmo sygnału przemodulowanego pojedynczą cosinusoidą

1.2. Modulacja FM

Modulacja częstotliwości polega na zmienieniu częstotliwości fali nośnej proporcjonalnie do sygnału modulującego. Ten typ modulacji jest powszechnie stosowany ze względu na znacznie większą odporność na zakłócenia w porównaniu do modulacji amplitudowej. Jeżeli sygnał modulujący jest równy:

$$b(t) = B \cos \omega_m t \quad (1.7)$$

to częstotliwość chwilowa sygnału zmodulowanego ma postać

$$\omega(t) = \omega_0 + kB \cos \omega_m t = \omega_0 + \Delta\omega_{FM} \cos \omega_m t \quad (1.8)$$

gdzie:

$$\Delta\omega_{FM} = k \cdot B \quad (1.9)$$

nazywa się dewiacją częstotliwości.

Wyrażenie na sygnał zmodulowany ma postać

$$a_{FM}(t) = A_0 \sin(\omega_0 t + \Delta\varphi_{FM} \sin \omega_m t) \quad (1.10)$$

gdzie:

$$\Delta\varphi_{FM} = \frac{\Delta\omega_{FM}}{\omega_m} \quad (1.11)$$

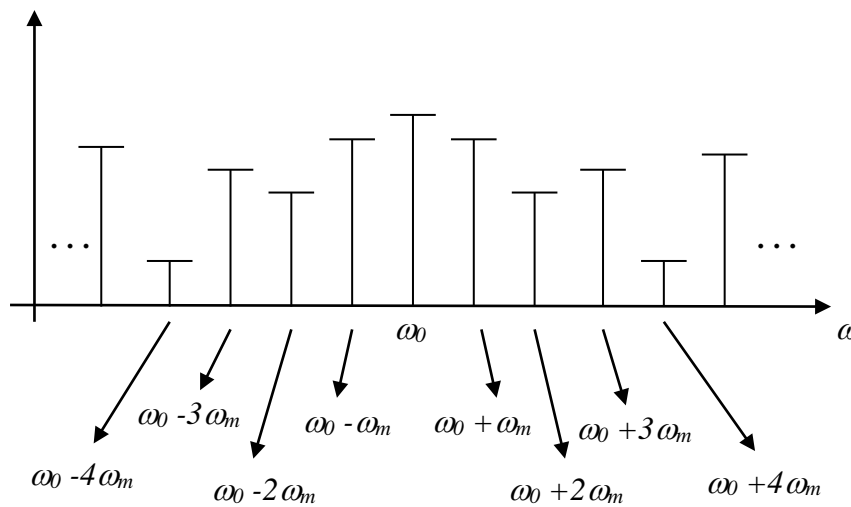
jest nazywane dewiacją fazy lub indeksem modulacji.

Widmo sygnału zmodulowanego pojedynczym przebiegiem harmonicznym opisuje wyrażenie:

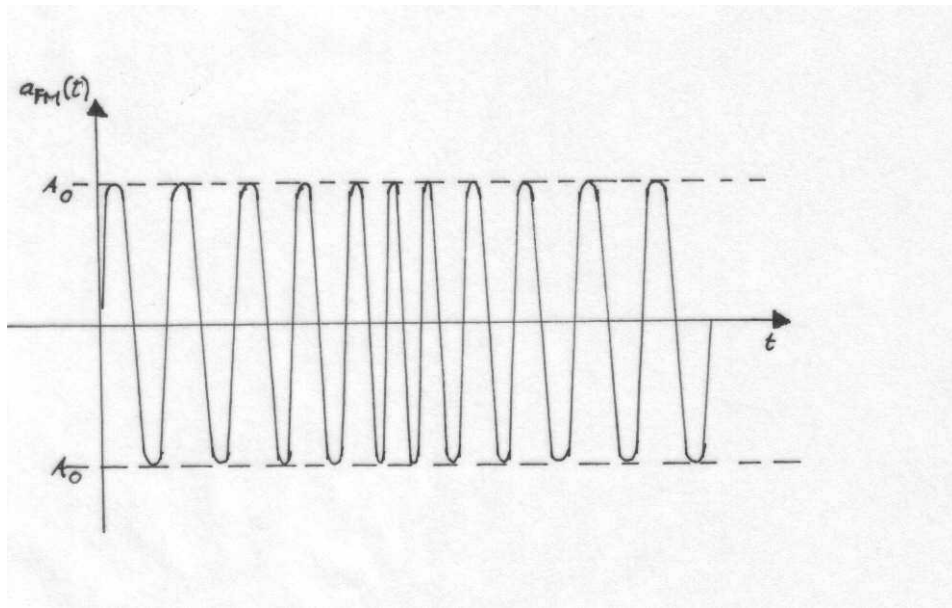
$$a(t) = A_0 \sum_{n=-\infty}^{\infty} J_n(\Delta\varphi_{FM}) \sin(\omega_0 + n\omega_m)t \quad (1.12)$$

gdzie $J_n(\Delta\varphi_{FM})$ oznacza funkcje Bessela. Stąd wysokości prążków widma są określone przez ich odpowiednie wartości.

Szerokość pasma częstotliwości faktycznie zajętych przez sygnał zmodulowany zależy od dewiacji fazy, która określa liczbę uwzględnianych w widmie prążków N oraz od częstotliwości modulującej. Przykładowe widmo sygnału zmodulowanego częstotliwościowo jest przedstawione na rysunku 6, a jego przebieg czasowy na rysunku 7.



Rys. 5. Przykładowe widmo sygnału zmodulowanego częstotliwościowo.



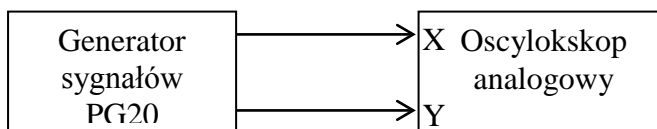
Rys. 6. Przebieg czasowy sygnału zmodulowanego częstotliwościowo.

2. ZAGADNIENIA KONTROLNE

1. Co to jest widmo sygnału?
2. Jaka jest różnica pomiędzy modulacją amplitudową a częstotliwościową?

3. PRZEBIEG ĆWICZENIA

- 3.1. Zapoznać się z instrukcjami obsługi przyrządów



- 3.2. Ustawić na generatorze AM/FM PG20 modulację amplitudy AM, częstotliwość fali nośnej podaną przez prowadzącego i głębokość modulacji 0%. Zaobserwować przebiegi na oscyloskopie.
- 3.3. Zmieniając głębokość modulacji zaobserwować zmiany jakie są widoczne na oscyloskopie. Naszkicować zaobserwowane przebiegi.

4. OPRACOWANIE

- 4.1. Co to jest modulacja i do czego służy?
- 4.2. Wpływ indeksu modulacji?
- 4.3. Opisać różne rodzaje modulacji i ich zasadę działania.
- 4.4. Zastosowanie różnych typów modulacji w rzeczywistych systemach radiowych.
- 4.5. Co to jest układ przemiany częstotliwości i do czego służy?
- 4.6. Wnioski