

Jakub PEKSIŃSKI\*  
Grzegorz MIKOŁAJCZAK\*

## PREZENTACJA MODULACJI AM W PROGRAMIE MATHCAD

W artykule przedstawiono dydaktyczną prezentację modulacji AM, z wykorzystaniem popularnego programu Mathcad.

SŁOWA KLUCZOWE: modulacja amplitudy, symulacja komputerowa

### 1. WSTĘP

Modulacja amplitudy (AM z ang. Amplitude Modulation) – jeden z trzech podstawowych rodzajów modulacji, polegający na kodowaniu sygnału informacyjnego (szerokopasmowego o małej częstotliwości) w chwilowych zmianach amplitudy sygnału nośnego (inaczej nazywanej falą nośną). Uzyskany w wyniku sygnał zmodulowany jest sygnałem wąskopasmowym, który nadaje się np. do transmisji drogą radiową. Schemat sytemu telekomunikacyjnego analogowego pokazano na rys. 1.

Istotnym elementem sytemu telekomunikacyjnego jest Modulator Analogowy, który ma za zadanie przekształcić sygnał nadawany na postać dogodną do transmisji przez kanał.

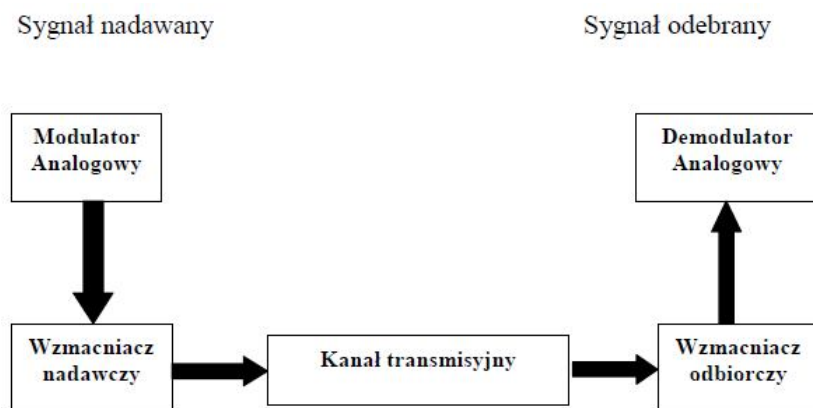
Proces taki nazywamy modulacją, polega on na zmianach parametrów fali nośnej zgodnie ze zmianami sygnału użytecznego. Najprostszą modulacją jest modulacja analogowa amplitudy AM. W której jak sama nazwa wskazuje parametrem zmieniającym się jest amplituda sygnału.

Postać sygnału zmodulowanego amplitudowo jest opisana wzorem:

$$y_{AM}(t) = A_C \cdot (1 + \mu \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot f_m \cdot t)) \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot f_C \cdot t) \quad (1)$$

Poniżej zostanie przedstawiona prezentacja modulacji AM z wykorzystaniem programu Mathcad. MathCAD to uniwersalny program do obliczeń matematycznych - o bardzo dużych możliwościach a zarazem łatwy do opanowania, nie wymagający nauki języka programowania a więc idealny dla inżyniera. Począwszy od roku 1986 kolejne wersje MathCAD'a rozwija firma MathSoft Inc. ([www.mathsoft.com](http://www.mathsoft.com), [www.mathcad.com](http://www.mathcad.com)).

\* Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny.



Rys. 1. Analogowy system telekomunikacyjny

Dokumenty MathCAD'a – mają elegancką postać publikacji z tekstami, obrazkami i wszelkimi symbolami stosowanymi przez matematyków – co przykładowo pokazuje rys. 2. Jednocześnie jest to program wykonujący obliczenia i generujący wykresy. Bogaty zakres operatorów i funkcji pozwala rozwiązywać równania i nierówności, algebraiczne i różniczkowe (liniowe i nieliniowe), wyznaczać całki, pochodne, transformaty Fouriera, regresje i korelacje, prowadzić działania na wektorach, macierzach, obliczenia statystyczne, używać fizycznych jednostek miar (z automatycznym ich przeliczaniem) wczytywać dane z plików dyskowych i zapisywać do plików oraz wykonywać wiele innych operacji.

Mathcad jest oprogramowaniem, które łączy w sobie funkcjonalność procesora i edytora tekstu z zaawansowanym arkuszem kalkulacyjnym. Pozwala jednocześnie i interaktywnie wykorzystywać teksty, formuły matematyczne, tabele, wykresy, a nawet animacje. Dodatkowym atutem jest możliwość weryfikacji poprawności formuł i zawartości tworzonych dokumentów. Jako produkt z portfolio rozwiązań z rodziny PDS posiada również narzędzia integrujące jego środowisko ze środowiskiem rozwiązań CAD.

Definiujemy falę modulującą  $m(t)$  w postaci jednego tonu harmonicznego:

$$A_m: = 1 \text{ – amplituda fali modulującej}$$

$$f_m: = 5 \text{ – częstotliwość fali modulującej}$$

$$m(t): = A_m \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f_m \cdot t) \text{ – postać fali modulującej}$$

Na rys. 3 przedstawiono wykres fali modulującej.

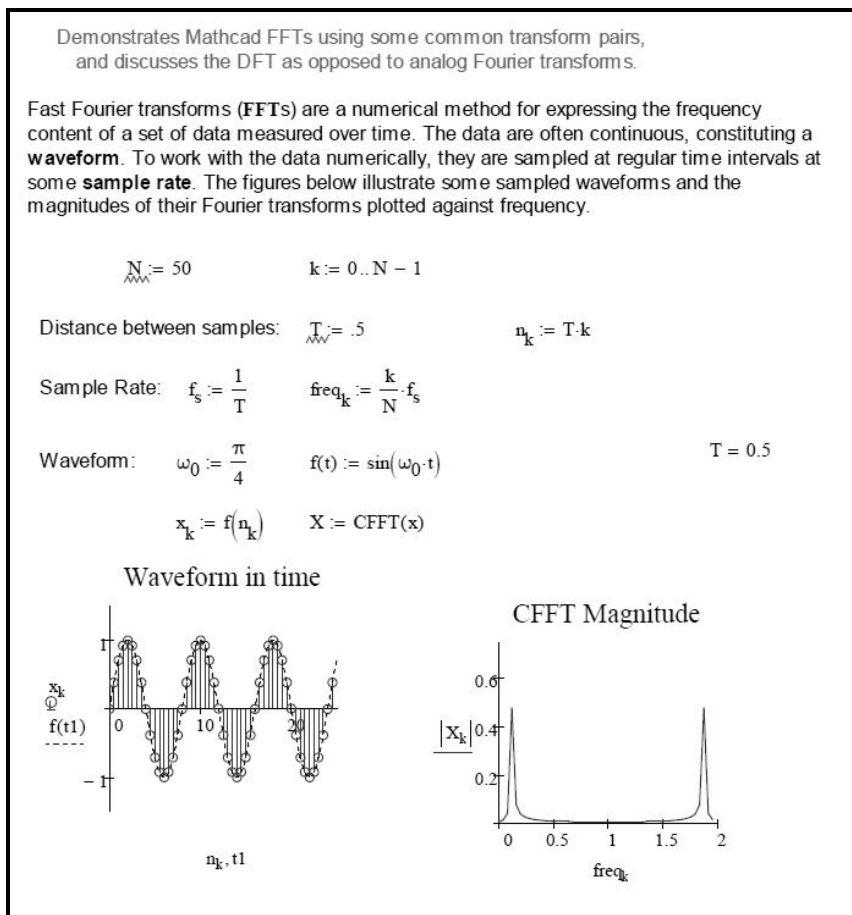
Definiujemy falę nośną  $n(t)$  o postaci:

$$A_C: = 3 \text{ – amplituda fali nośnej}$$

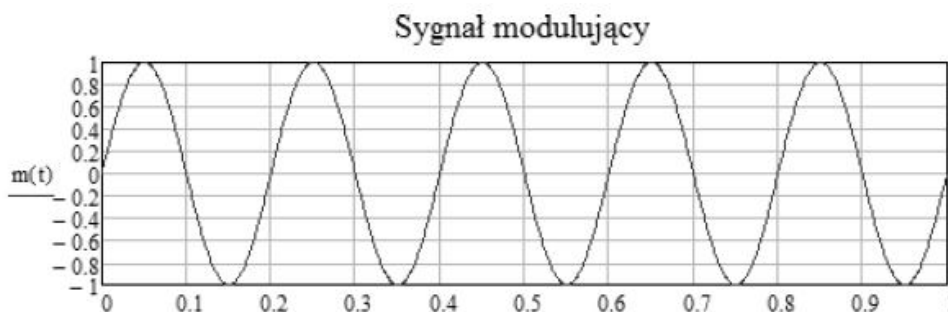
$$f_C: = 25 \text{ – częstotliwość fali nośnej}$$

$$n(t): = A_C \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f_C \cdot t) \text{ – Postać fali nośnej}$$

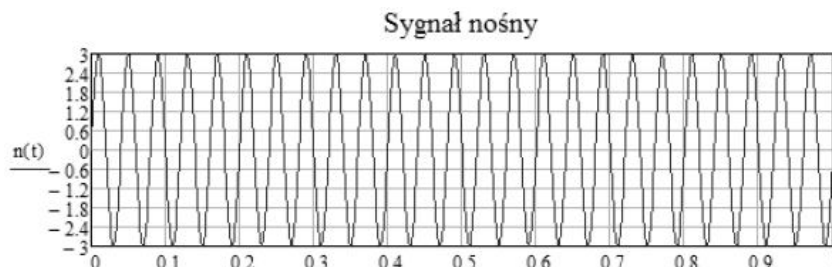
Na rys. 4 przedstawiono wykres fali nośnej.



Rys. 2. Zrzut ekranu przykładowego arkusza programu Mathcad 14 zamieszczonego w pomocach (Help)



Rys. 3. Sygnal modulujący  $m(t) = A_m \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f_m \cdot t)$  wygenerowany w programie Mathcad

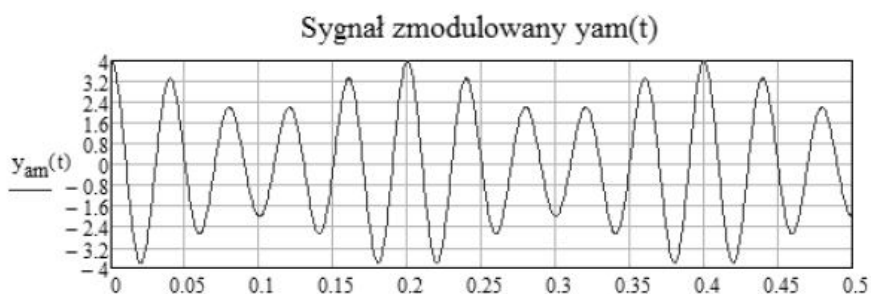


Rys. 4. Sygnał fali nośnej  $n(t) := A_C \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f_C \cdot t)$  wygenerowany w programie Mathcad

Jak widać częstotliwość fali nośnej musi być dużo większa od częstotliwości fali modulującej. Obliczmy głębokość modulacji, która wyraża się zależnością:

$$\mu := \frac{A_m}{A_C} - \text{współczynnik głębokości modulacji } (\mu = 0.333)$$

Wyznaczamy sygnał zmodulowany amplitudowo zgodnie ze wzorem (1), którego przebieg przedstawiono na rys. 5. Jak widać częstotliwość fali nośnej musi być dużo większa od częstotliwości fali modulującej.



Rys. 5. Sygnał zmodulowany wygenerowany w programie

Do wyznaczenia widma sygnału zmodulowanego posłużono się dyskretną transformatą Fouriera (DTF), zdefiniowaną następująco:

$N := 512$  – ilość próbek ( $n := 0..N-1$  - zmienna)

$f_s := 128$  – częstotliwość próbkowania

$t_s := 0.0078125$  – okres próbkowania

$y_{AMn} := y_{AM}(n \cdot t_s)$  – postać dyskretna sygnału zmodulowanego

Wyznaczamy widmo sygnału zmodulowanego DFT:

$$DFT y_{AM_n} := \sum_{k=0}^{N-1} y_{AM_k} \cdot e^{\frac{-j \cdot 2 \cdot \pi \cdot n \cdot k}{N}}$$



Rys. 6. Podpisy pod rysunkami wyśrodkować, pisać czcionką (9 pt), bez kropki na końcu

Rysunek 6 przedstawia widmo sygnału zmodulowanego. Jak widać na rysunku sygnał zmodulowany składa się z częstotliwości nośnej oraz z dwóch wstęg bocznych tzw. dolnej i górnej wstęgi. Obie te wstęgi niosą dokładnie taką samą informację. Aby sygnał nie był przemodelowany głębokość współczynnika modulacji musi być mniejsza od 1. Maksymalna sprawność energetyczna sytemu jest wówczas gdy głębokość modulacji jest równa 1. Wynosi ona wtedy 33.33%.

### LITERATURA

- [1] J. Szabatin, „Podstawy Teorii Sygnałów”, WKŁ 2002.
- [2] S. Haykin, „Systemy Telekomunikacyjne 1”, WKŁ 2004.
- [3] W. Lipiński, „Obliczenia Numeryczne w Teorii Sygnałów i Obwodów Elektrycznych”, Zapol 2008.
- [4] K. Wesołowski, „Systemy Radiokomunikacji Ruchomej”, WKŁ 2006.

### PRESENTATION OF MODELING MODULATION AM IN THE MATHCAD

This paper presents teaching the presentation of AM modulation, using the popular program Mathcad.