

PREZENTACJA MODULACJI FM W PROGRAMIE MATHCAD

Streszczenie

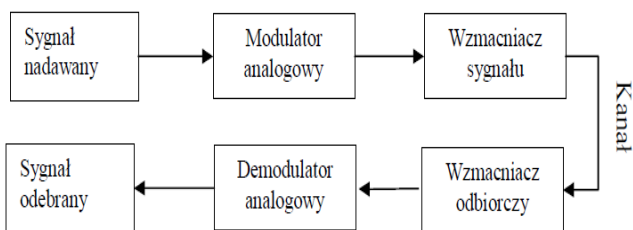
W artykule przedstawiono dydaktyczną prezentację modulacji FM, z wykorzystaniem popularnego programu Mathcad.

WSTĘP

Systemy telekomunikacyjne, których podstawowym zadaniem jest przenoszenie informacji od nadawcy do odbiorcy możemy podzielić na dwie grupy:

- Systemy analogowe;
- Systemy cyfrowe.

System analogowy składa się z następujących elementów pokazanych na rysunku 1.



Rys. 1. Schemat blokowy analogowego systemu telekomunikacyjnego

Jak widać z rysunku 1, w systemach analogowych sygnał nadawany (użyteczny) jest bezpośrednio doprowadzony do modulatora analogowego [1,2].

Podstawowym celem systemu telekomunikacyjnego jest dostarczenie wiadomości pochodzącej ze źródła sygnału do odbiornika. Przy czym informacja ta musi być dostarczona w odpowiedniej zrozumiałej formie. Do osiągnięcia tego celu wykorzystuje się proces zwany modulacją. Polega on na zmianie jednego z parametrów fali nośnej zgodnie ze zmianami fali informacyjnej [3]. Do podstawowych modulacji analogowych zalicza się:

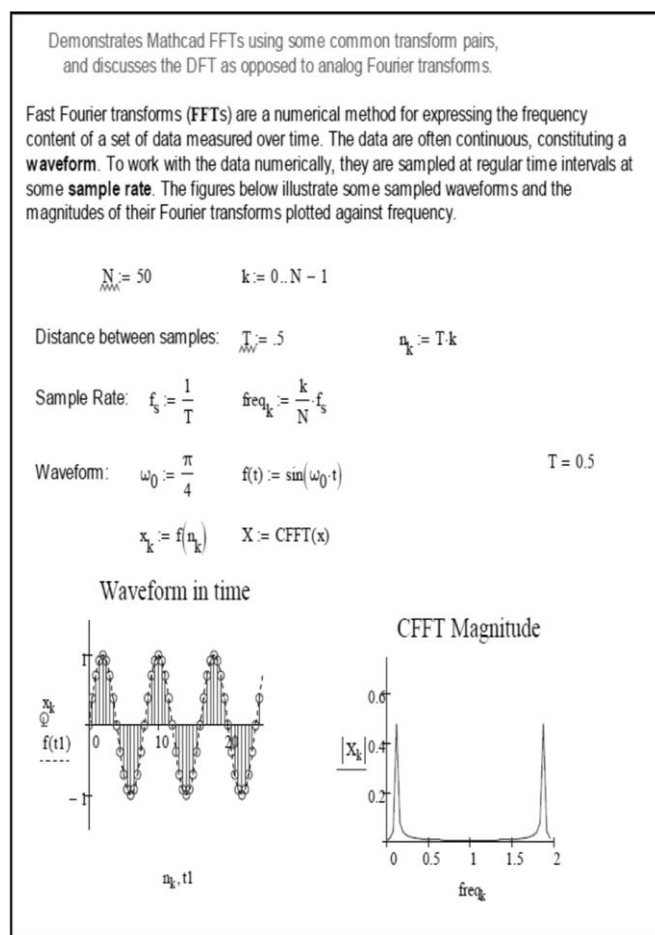
- Modulację amplitudy AM;
- Modulację częstotliwości FM;
- Modulację fazy PM.

1. PROGRAM 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). 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 generującymi 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.



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

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.

2. MODULACJA CZĘSTOTLIWOŚCI FM

Modulacja częstotliwości, skr. FM (*od ang. Frequency Modulation*) – kodowanie informacji w fali nośnej przez zmiany jej chwilowej częstotliwości w zależności od sygnału wejściowego, tj. jej modulację. Modulacja częstotliwości jest systemem transmisji sygnału analogowego stosowanym do przesyłania sygnału radiowego radia publicznego w zakresie fal ultrakrótkich, stąd zakres ten w mowie potocznej często określa się jako „FM”. Modulację częstotliwości stosuje się też w transmisji sygnału w telewizji satelitarnej, dźwiękowego w wielu systemach telewizji naziemnej oraz informacji o kolorze (chrominacji) w systemie telewizji kolorowej SECAM. System ten umożliwia odfiltrowanie po stronie odbiornika znacznie więcej zakłóceń niż w systemie AM. Sygnał po odebraniu i wzmacnieniu może być ograniczony do takiej samej amplitudy, dzięki czemu udaje się wyeliminować większość zakłóceń.

Uzyskany w wyniku sygnał zmodulowany jest sygnałem wąskopasmowym, który nadaje się np. do transmisji drogą radiową. Istotnym elementem systemu 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.

Postać sygnału zmodulowanego częstotliwościowo jest opisana wzorem:

$$y_{FM}(t) = A_c \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot f_c \cdot t + \beta \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f_m \cdot t)) \quad (1)$$

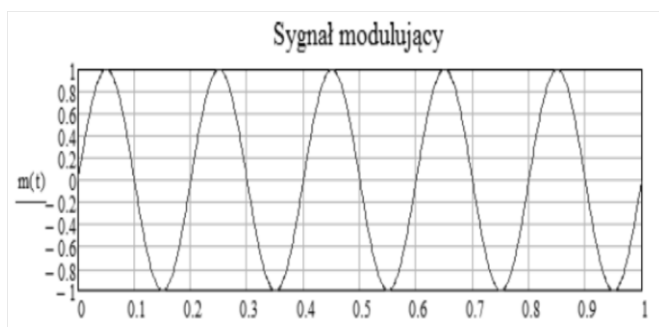
gdzie: A_c – amplituda fali nośnej; f_c – częstotliwość fali nośnej; f_m – częstotliwość fali modulującej;

Poniżej zostanie przedstawiona prezentacja modulacji FM z wykorzystaniem programu Mathcad.

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

- $A_m := 1$ – amplituda fali modulującej
- $f_m := 5$ – częstotliwość fali modulującej
- $m(t) := A_m \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f_m \cdot t)$ – postać fali modulującej

Na rys. 3 przedstawiono wykres fali modulującej.

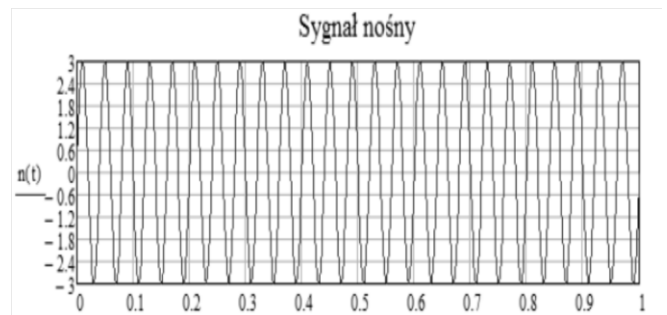


Rys. 3. Sygnał modulujący $m(t) := A_m \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f_m \cdot t)$ wygenerowany w programie Mathcad

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

- $A_c := 3$ – amplituda fali nośnej
- $f_c := 25$ – częstotliwość fali nośnej
- $n(t) := A_c \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f_c \cdot t)$ – Postać fali nośnej

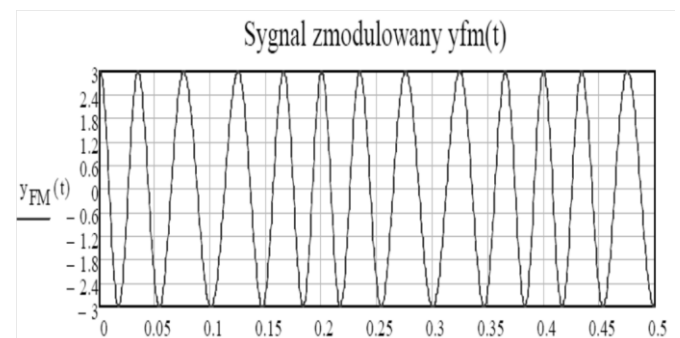
Na rys. 4 przedstawiono wykres fali nośnej.



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

Wyznaczamy sygnał zmodulowany $y_{FM}(t)$:

- $y_{FM}(t) := A_c \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f_c \cdot t + m(t))$



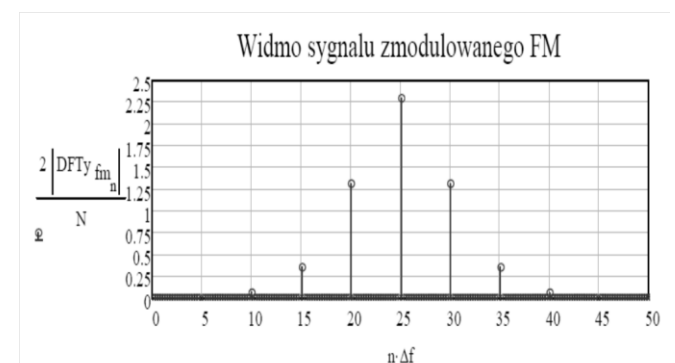
Rys. 5. Sygnał zmodulowany wygenerowany w programie Mathcad

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
- $y_{FMn} := y_{FM}(n \cdot t_s)$ – postać dyskretna sygnału zmodulowanego

Wyznaczamy widmo sygnału zmodulowanego DFT:

$$DFT y_{FMn} := \sum_{k=0}^{N-1} y_{AMk} \cdot e^{-j \cdot 2 \cdot \pi \cdot n \cdot k / N}$$



Rys. 6. Widmo sygnału zmodulowanego FM

Sygnały z modulacją FM zajmują szersze pasmo częstotliwości w porównaniu z sygnałami zmodulowanymi AM. Zaletą modulacji FM jest odporność na szumy i zakłócenia. Rysunek 6 przedstawia widmo sygnału zmodulowanego. Jak widać na rysunku widmo sygnału zmodulowanego składa się z częstotliwości nośnej oraz częstotliwości będących sumą i różnicą częstotliwości sygnału modulującego i nośnej.

BIBLIOGRAFIA

1. Tietze U., Schenk Ch. , *Układy Półprzewodnikowe*, WNT Warszawa 2009.
2. J. Szabatin, „*Podstawy Teorii Sygnałów*”, WKŁ 2002.
3. S. Haykin, „*Systemy Telekomunikacyjne 1*”, WKŁ 2004.
4. S. Haykin, „*Systemy Telekomunikacyjne 2*”, WKŁ 2004.
5. K. Wesolowski, „*Systemy Radiokomunikacji Ruchomej*”, WKŁ 2006.

PRESENTATION OF MODELING MODULATION FM IN THE PRO- GRAM MATHCAD

Abstract

In the article, the authors discuss one of the basic analog modulation - frequency modulation FM. FM modulation is presented as an implementation of a mathematical program Mathcad.

Autorzy:

dr inż. **Janusz Kowalski** – Pomorski Uniwersytet Medyczny, Samodzielna Pracownia Informatyki Medycznej i Badań Jakości Kształcenia, ul. Rybacka 1, 70-204 Szczecin,

E-mail: janus@pum.edu.pl

dr inż. **Jakub Pęksiński** - Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny, Katedra Telekomunikacji i Fotoniki, ul. 26 Kwietnia 10, 71-126 Szczecin, E-mail: jpeksinski@zut.edu.pl

dr inż. **Grzegorz Mikołajczak** - Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny, Katedra Telekomunikacji i Fotoniki, ul. 26 Kwietnia 10, 71-126 Szczecin, E-mail grzegorz.mikolajczak@zut.edu.pl