**Obraz zawierający logo, tekst, Czcionka, Grafika

Opis wygenerowany automatycznie**

**Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie**

**WYDZIAŁ ELEKTROTECHNIKI, AUTOMATYKI,**

**INFORMATYKI I INŻYNIERII BIOMEDYCZNEJ**

Raport

**Podstawy telekomunikacji**

Autor: Grzegorz Lis, Karolina Sawosz

Kierunek studiów: Mikroelektronika w Technice i Medycynie

# Kraków, 2023

**Laboratorium 3**

***Opis problemu***

Celem laboratoriów było przeprowadzenie modulacji amplitudy w wersji klasycznej,  
z wytłumioną falą nośną oraz jednowstęgową AM.

***Podstawy matematyczne rozwiązania***

Fala nośna w modulacjach analogowych:

Sygnał zmodulowany AM-WC:

Szerokość pasma sygnału AM:

gdzie fm jest maksymalną częstotliwością widma sygnału modulującego x(t).

Moc sygnału AM:

gdzie Px jest mocą sygnału modulującego.

Sygnał zmodulowany AM-SC:

***Symulacje i obserwacje***

Listing 1. Modulacje, widma, demodulacje.

Ac = 2; %amplituda nośnej

fc = 1000; %częstotliwość nośnej

Am = 1; %amplituda sygnału modulującego

fm = 100; %częstotliwość sygnału modulującego

c = Ac \* cos(2\*pi\*fc\*t); %nośna

m1 = Am \* cos(2\*pi\*fm\*t);

m2 = [ones(1,length(t)/2),zeros(1,length(t)/2)];

m3 = zeros(size(t));

for i = 1:10

m3 = m3 + cos(2\*pi \* fm \* i \* t);

end

m3 = Am \* m3;

m=m1;

s1 = c+m; %AM

s2 = c.\*m; %SC

s3 = c.\*(1+m\*k); %WC

s=s1;

Px = rms(s).^2;

Pfn = 1/2\*(Ac^2) %moc skladowej nosnej

Pwb = 1/2\*(k^2)\*(Ac^2)\*Px %moc wsteg bocznych

Pam = Pfn+Pwb %moc calego sygnalu

Sprawnosc\_modulacji = Pwb/Pam

signal\_demod = envelope(s);

[USB, LSB] = envelope(s);

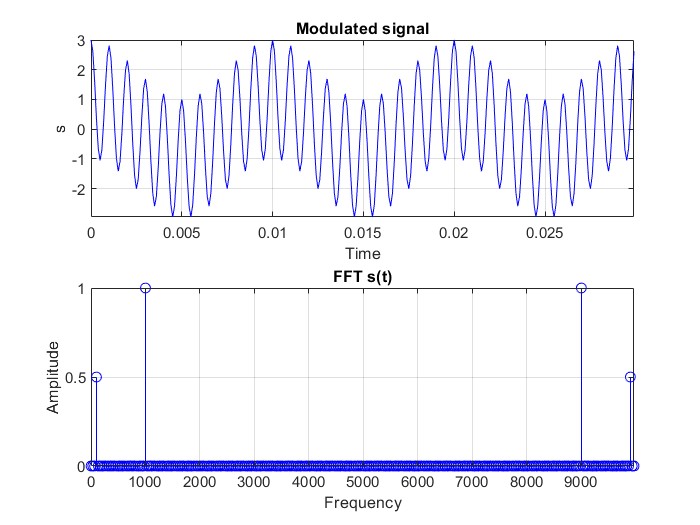


Figure . Modulacja AM sygnału m1.

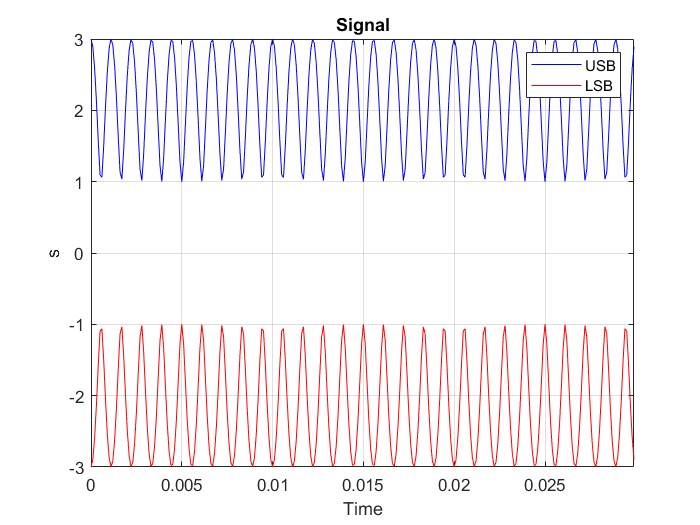


Figure . Niska i wysoka wstęga boczna modulacji AM sygnału m1.

Obraz zawierający tekst, linia, Wykres, Czcionka

Opis wygenerowany automatycznie

Figure . Modulacja AM-SC sygnału m1.

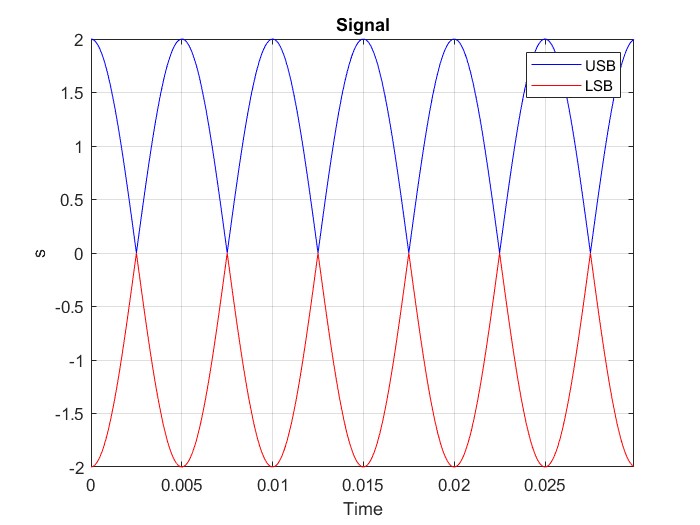


Figure . Niska i wysoka wstęga boczna modulacji AM-SC sygnału m1.

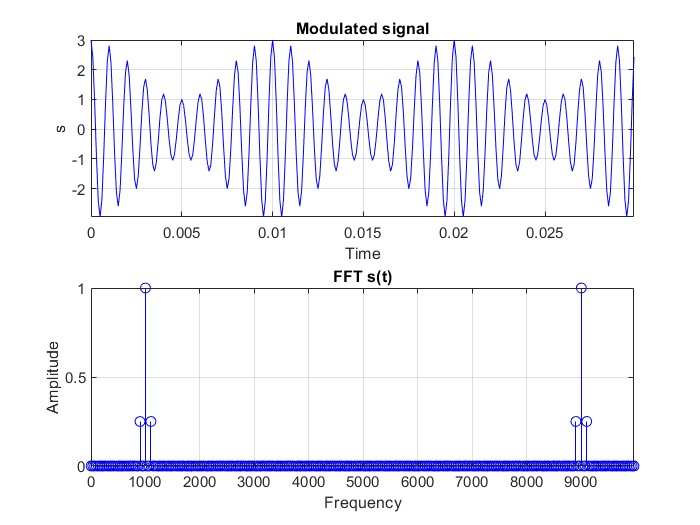
******

Figure . Modulacja AM-WC sygnału m1.

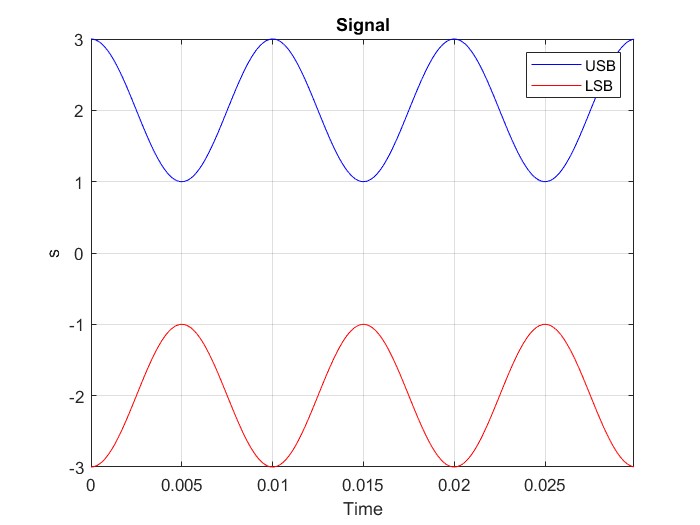
******

Figure . Niska i wysoka wstęga boczna modulacji AM-WC sygnału m1.

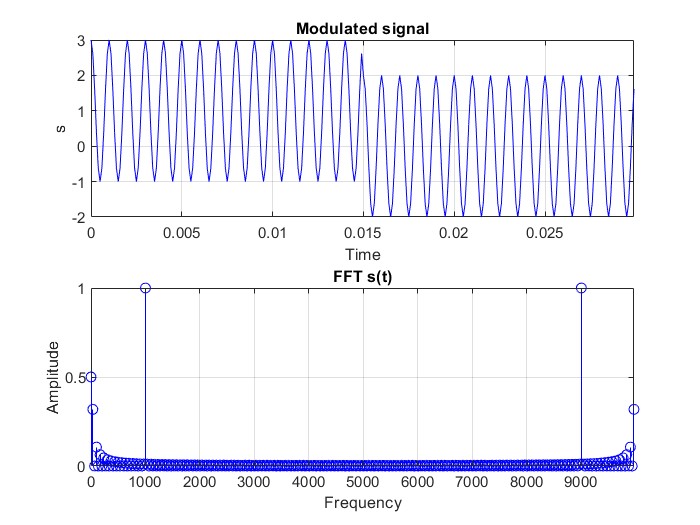
******

Figure . Modulacja AM sygnału m2.

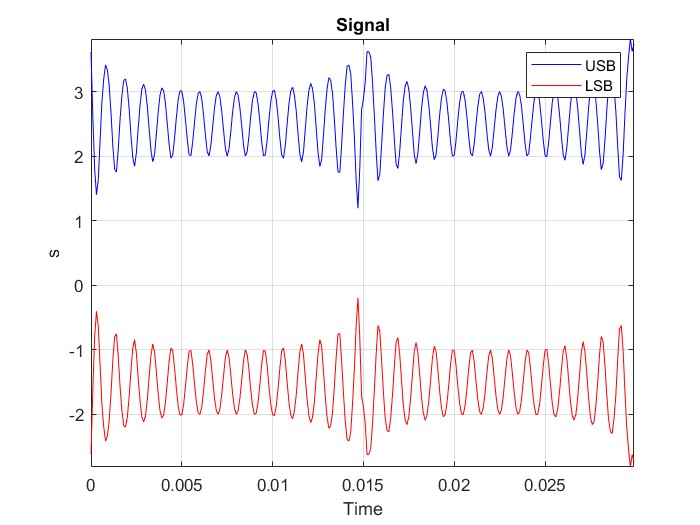
******

Figure . Niska i wysoka wstęga boczna modulacji AM sygnału m2.

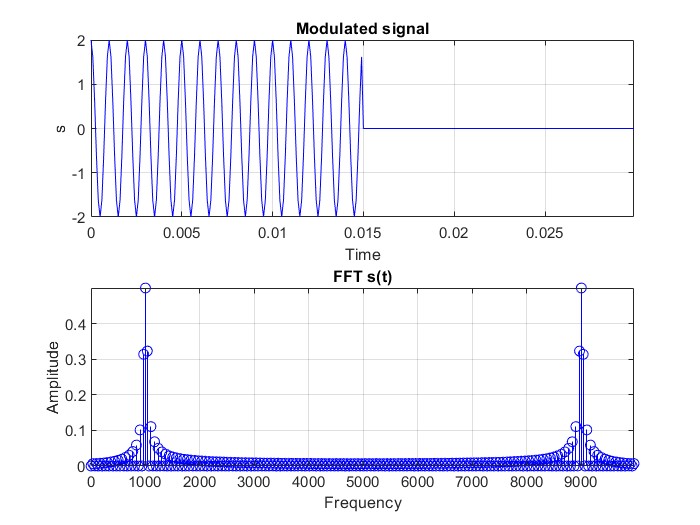


Figure . Modulacja AM-SC sygnału m2.

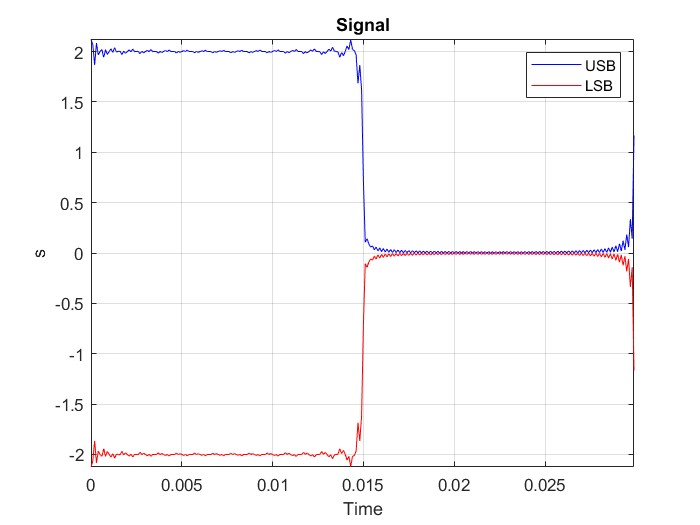


Figure . Niska i wysoka wstęga boczna modulacji AM-SC sygnału m2.

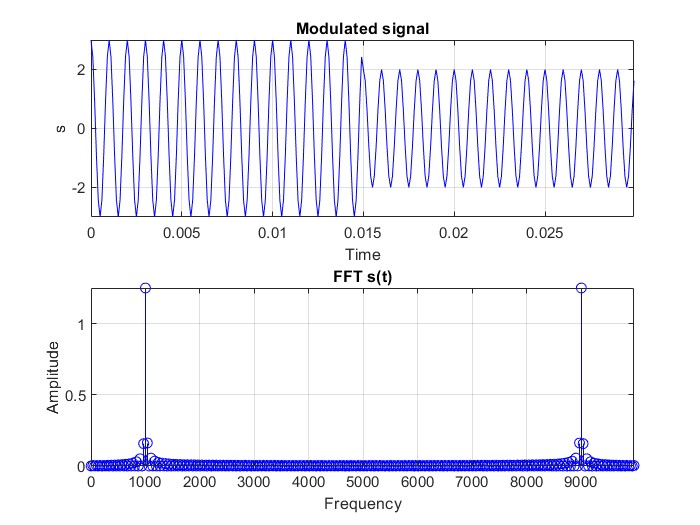


Figure . Modulacja AM-WC sygnału m2.

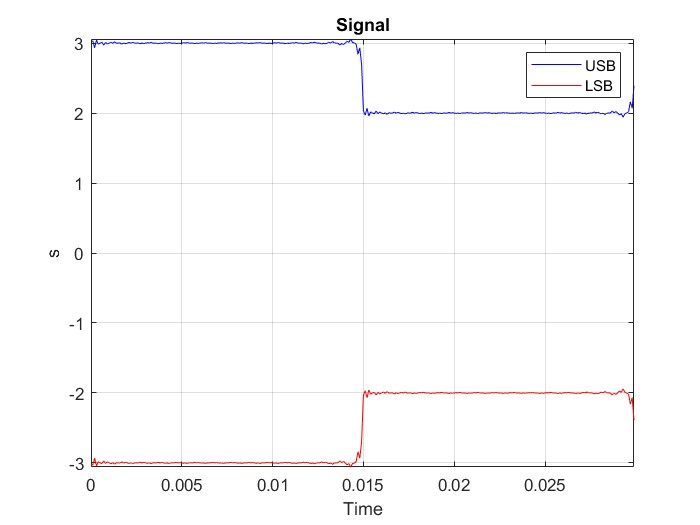


Figure . Niska i wysoka wstęga boczna modulacji AM-WC sygnału m2.

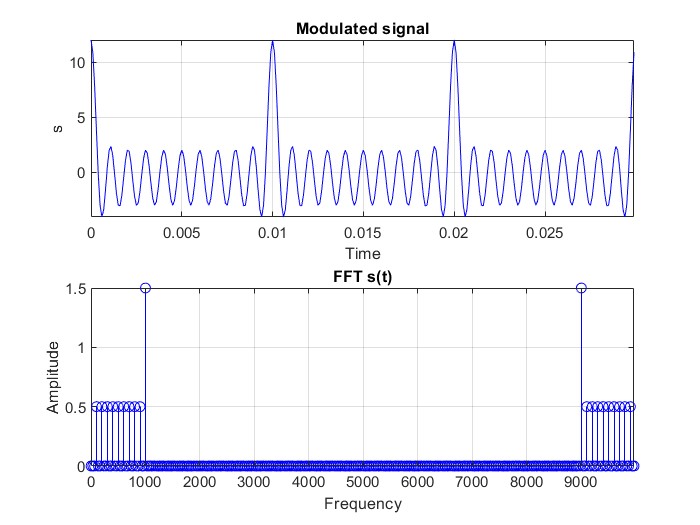


Figure . Modulacja AM sygnału m3.

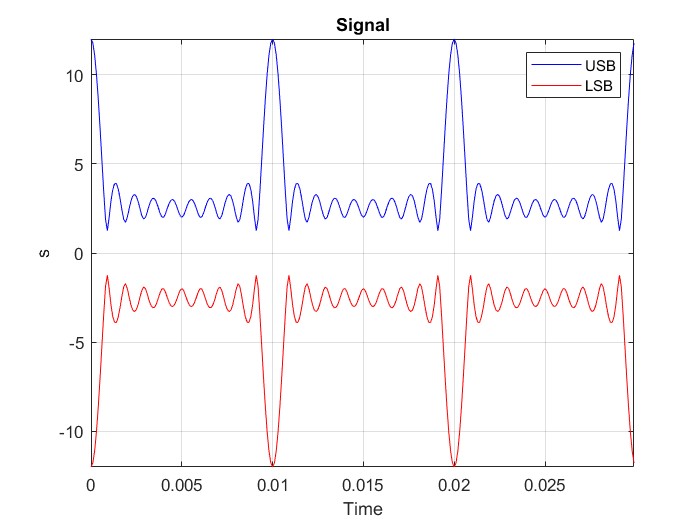


Figure . Niska i wysoka wstęga boczna modulacji AM sygnału m3.

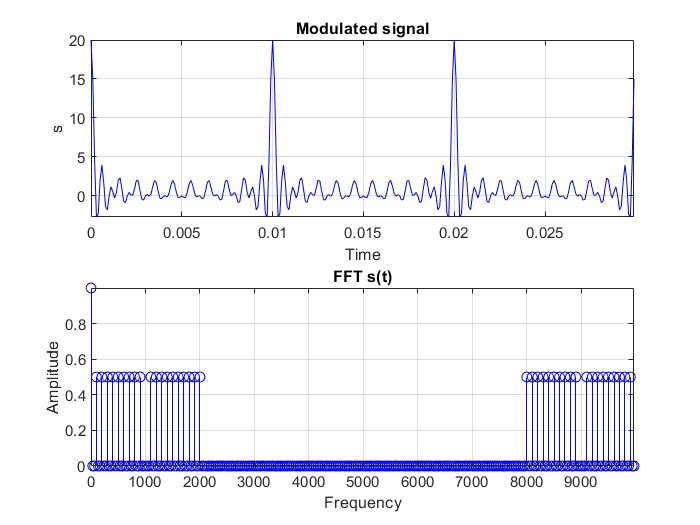
******

Figure . Modulacja AM-SC sygnału m3.

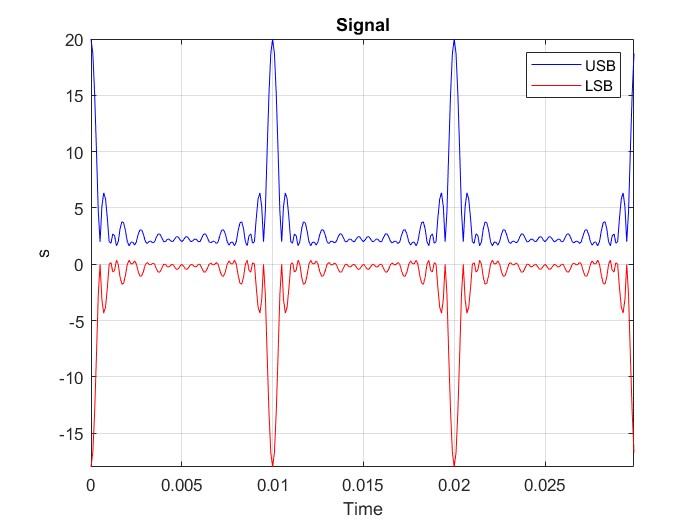
******

Figure . Niska i wysoka wstęga boczna modulacji AM-SC sygnału m3.

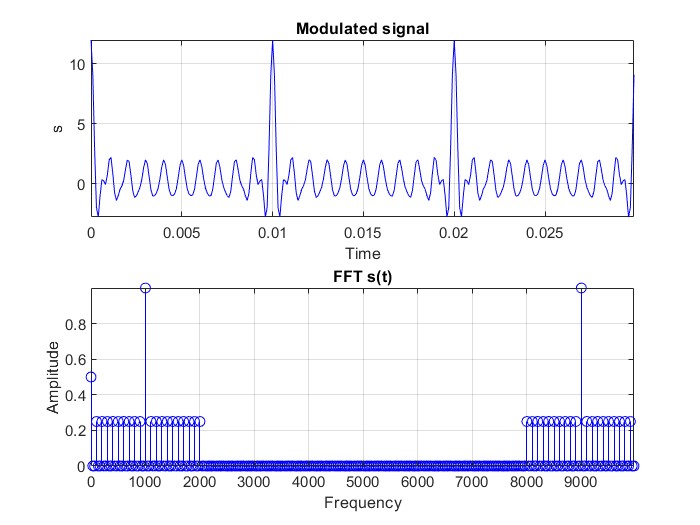


Figure . Modulacja AM-WC sygnału m3.

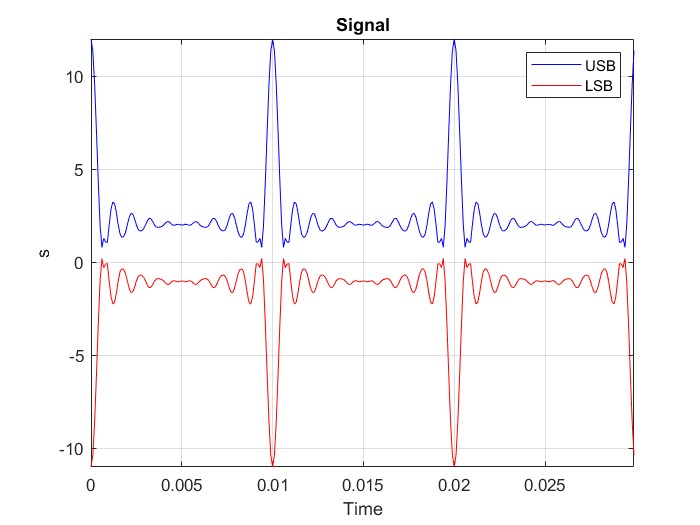


Figure . Niska i wysoka wstęga boczna modulacji AM-WC sygnału m3.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Pfn** | **Pwb** | **Pam** | **Sprawnosc\_modulacji** | **Pasmo BW [Hz]** |
| **m1 AM** | 2 | 1,25 | 3,25 | 0,3846 | 2000 |
| **m1 AM-SC** | 2 | 0,5 | 2,5 | 0,2 | 2200 |
| **m1 AM-WC** | 2 | 1,125 | 3,125 | 0,36 | 2200 |
| **m2 AM** | 2 | 1,25 | 3,25 | 0,3846 | 2000 |
| **m2 AM-SC** | 2 | 0,5 | 2,5 | 0,2 | 4000 |
| **m2 AM-WC** | 2 | 1,625 | 3,625 | 0,4483 | 2600 |
| **m3 AM** | 2 | 4,5 | 6,5 | 0,6923 | 2000 |
| **m3 AM-SC** | 2 | 5,25 | 7,25 | 0,7241 | 4000 |
| **m3 AM-WC** | 2 | 2,3125 | 4,3125 | 0,5362 | 4000 |

Figure . Porównanie mocy oraz sprawności poszczególnych modulacji.

W zależności od sygnału najbardziej odpowiednia modulacja może się różnić – dla pierwszego sygnału najlepsza jest modulacja AM, dla drugiego modulacja AM-WC, a dla trzeciego modulacja AM-SC, ponieważ sprawność modulacji jest największa.

***Wnioski***

AM

Demodulacja za pomocą AM jest prosta sprzętowo (detektor obwiedni składa się z rezystora, diody i kondensatora), natomiast zużywa więcej energii.

AM-SC

Zaletą modulacji SC jest to, że zmniejsza energię transmisji, ponieważ energia ładunków jest zachowywana.

Problemy

* Przy nałożeniu pasma sygnału modulującego wystąpiło zjawisko aliasingu. Sygnał ma dodane składowe, co widać na widmie DFT, przez co jego zdemodulowana wersja jest zniekształcona.

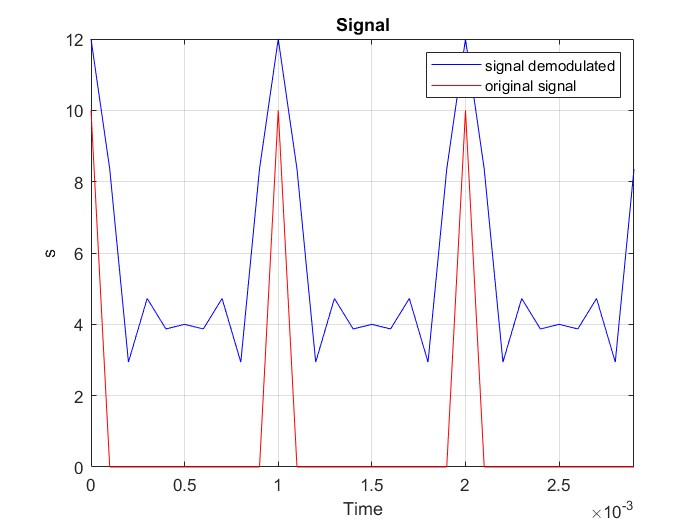


Figure . Sygnały po nałożeniu pasma sygnału modulującego.

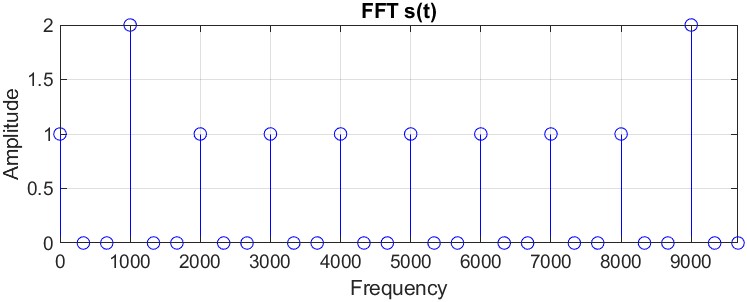


Figure . DFT sygnałów nałożonych.

* Przemodulowanie - wartość współczynnika k musi być tak dobrana, aby 1 + kx(t) 0 dla każdego t. Przy spełnieniu tego warunku kształt obwiedni sygnału AM jest identyczny jak sygnału modulującego i nie występuje przemodulowanie sygnału. Zjawisko przemodulowania objawia się skokowymi zmianami fazy sygnału AM w punktach przejścia jego obwiedni przez zera.
* Warunek demodulacji:

1. + kx(t) 0, dla każdego t.

* Wartość stałej czasowej RC powinna być dostatecznie duża, tak aby napięcie na kondensatorze było podtrzymywane i nie występowały duże tętnienia, jednak dobór zbyt dużej stałej czasowej może spowodować, że proces rozładowywania się kondensatora nie będzie nadążał za zmianami obwiedni.

Obraz zawierający linia, Czcionka, Wykres, diagram

Opis wygenerowany automatycznie

Figure 22. Sygnał na wyjściu detektora obwiedni.