

Telekomunikacije 2

Mali projekat br. 3:

Modelovanje i generisanje analognih signala i analiza prenosa
ovih signala kroz sisteme prenosa korišćenjem frekvencijske
modulacije

Realizacija

Potrebno je simulirati prenos signala kroz kanal pomoću FM modulacije.

Signal koji se prenosi je složen periodičan i glasi:

```
x=0.5*cos(2*pi*t*0.5*1000)+0.25*cos(2*pi*t*1*1000)+0.15*cos(2*pi*t*1.5*1000)+0.1*cos(2*pi*t*2*1000);
```

Granična frekvencija fm je 2000Hz pošto je to najveća frekvencija u signalu. Za frekvenciju odabiranja moramo uzeti minimum 2 puta veću vrednost po teoremi odabiranja ali pošto želimo da simuliramo kontinualni signal uzećemo frekvenciju koja je 256 puta veća.

Dužina signala će biti 65536 odbirka.

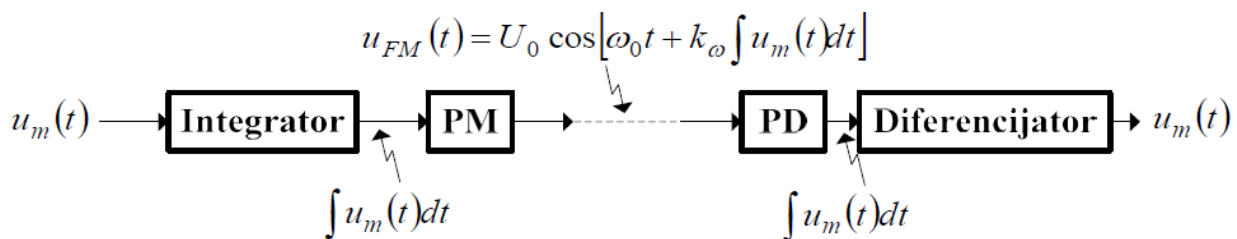
Prikaz spektra i SGSS je ponovljen 3 puta, za ulazni, modulisani i demodulisani signal. Frekvencijski spektar se dobija primenom fft transformacije i njene apsolutne vrednosti.

```
%spektar ulaznog signala
figure, stem( fosa2, abs(fft(x,Nfft))); xlim([0 Fs]);xlabel('f [Hz]');title('frekvencijski spektar ulaznog signala');
x_f = zeros((65536/Nfft), Nfft);
x_f(1, :) = abs(fft(x(1:Nfft),Nfft));
for br =2:(65536/Nfft)
    x_f(br,:) = abs(fft(x((br-1)*Nfft:br*Nfft),Nfft));
end
x_zbir_2 = sum((x_f.^2)./(Fs*Nfft));
x_usrednjeno_2 = x_zbir_2./(65536/Nfft);
figure, stem( fosa2, x_usrednjeno_2); xlim([0 Fs]);xlabel('f [Hz]');ylabel('sgss');title('SGSS ulaznog signala');
```

Ako odabrenemo da radimo DFT u 1024 odbirka znači da ćemo imati 64 segmenta(ukupan broj odbiraka je 65536). x_f je matrica 64x1024, redovi su pojedinačni segmenti. Nad svakim segmentom je urađena fft transformacija. U promenljivu x_zbir_2 je smešten zbir svakog kvadrata segmenta podeljenim sa $F_s \times N_{fft}$ po formuli. Za proračun SGSS potrebno je samo podeliti dobijenu vrednost sa brojem segmenta da bismo dobili srednju vrednost.

Frekvencija nosioca je 128000Hz tj $f_s/4$.

Kao model za FM sam odabrala indirektnu modulaciju:



Signal sam integralila ručno:

```
x=0.5*cos(2*pi*t*0.5*1000)+0.25*cos(2*pi*t*1*1000)+0.15*cos(2*pi*t*1.5*1000)+0.1*cos(2*pi*t*2*1000)
```

```
x_integral=0.5*sin(2*pi*t*0.5*1000)/(2*pi*0.5*1000)+0.25*sin(2*pi*t*1*1000)/(2*pi*1*1000)+0.15*sin(2*pi*t*1.5*1000)/(2*pi*1.5*1000)+0.1*sin(2*pi*t*2*1000)/(2*pi*2*1000)
```

promenljiva $x_integral$ ima oblik $\int_{-\infty}^t u_m(\tau) d\tau$, gde je U_m isto što i x , modulišući signal. Ovo je potrebno ubaciti u nosilac.

$$u_{FM}(t) = U_0 \cos \left[\omega_0 t + 2\pi k_{FM} \int_{-\infty}^t u_m(\tau) d\tau \right]$$

ω_0 je $2\pi f_0$

%MODULACIJA

```
Ufm= cos(2*pi*f0*t + 2*pi*k*x_integral);
```

Ceo postupak informacije, informacija je sadržana u trenutnoj fazi tj trenutnoj devijaciji faze nosioca. Povećanjem konstante modulacije možemo povećati SNR na predaji ali time širimo spektar.

%dodavanje suma

```
Ufm_awgn = awgn(Ufm, snr(1));
```

Simuliramo uticaj kanala dodavanjem šuma.

Modulisani signal se može matematički zapisati u drugačijem obliku:

$$u_{mod}(t) = U_0(t) \cos[\omega_0 t + \varphi(t)] = U_0(t) \cos[\varphi(t)] \cos(\omega_0 t) - U_0(t) \sin[\varphi(t)] \sin(\omega_0 t)$$

$$u_{mod}(t) = U_0(t) \cos[\varphi(t)] \cos(\omega_0 t) - U_0(t) \sin[\varphi(t)] \sin(\omega_0 t) = u_c(t) \cos(\omega_0 t) + u_s(t) \sin(\omega_0 t)$$

Vidimo da imamo granu u fazi i u kvadraturi tkd se za prijem može koristiti kvadraturni IQ demodulator. Kod njega je potrebno samo pomnožiti signal na prijemu sa dvostrukim kosinusom/sinusom i provući ih kroz NF filter da bismo izdvojili signale u fazi i kvadraturi. NF filter će ukloniti komponentu koja se nalazi na dvostrukoj učestanosti nosioca i ostaviti samo onu u osnovnom opsegu. Red filtra je 20. Imamo 2 slučaja kod demodulacije, sa i bez greške sinhronizacije faze. U 2. slučaju samo se doda greška u fazu lokalno generisanog nosioca.

%DEMODULACIJA

```
idealna_on=false; %true false
greska_sinhronizacije_faze=pi/4;
h_nf=fir1(20,2200/Fs);
[H_nf,w_nf]=freqz(h_nf,1);
if(idealna_on)
    y_i = Ufm_awgn*2.*cos(2*pi*f0*t);
    y_q= Ufm_awgn*2.*sin(2*pi*f0*t);
    y_i_nf=filter(h_nf,1,y_i);
    y_q_nf=filter(h_nf,1,y_q);
else
    y_i = Ufm_awgn*2.*cos(2*pi*f0*t+greska_sinhronizacije_faze);
    y_q= Ufm_awgn*2.*sin(2*pi*f0*t+greska_sinhronizacije_faze);
    y_i_nf=filter(h_nf,1,y_i);
    y_q_nf=filter(h_nf,1,y_q);
end
```

Potrebno je izvući trenutnu fazu pošto je u njoj sadržana informacija o modulišućem signalu. To možemo uraditi na 2 načina:

$$\varphi_{FM}(t) = \arctg \left(\frac{\sin \left[2\pi \Delta f_0 \int_{-\infty}^t m(\tau) d\tau \right]}{\cos \left[2\pi \Delta f_0 \int_{-\infty}^t m(\tau) d\tau \right]} \right)$$

količnik signala u kvadraturi i fazi ili iy kompleksne anvelope:

```
%Fm=atan(y_q_nf./y_i_nf);  
Fm=angle(y_q_nf*1i+y_i_nf);
```

Da bismo našli originalni signal potrebno je diferencirati trenutnu devijaciju faze

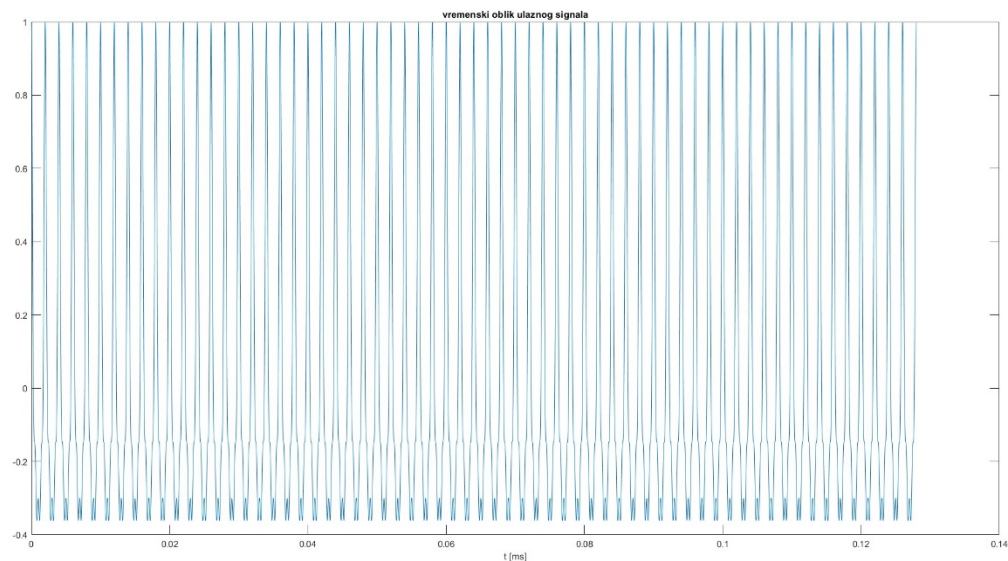
$$\frac{1}{2\pi} \frac{d\varphi_{FM}(t)}{dt} = \Delta f_0 m(t) = k_{FM} U_m m(t) = k_{FM} u_m(t)$$

```
y_diff=diff(Fm)/(2*pi*k);
```

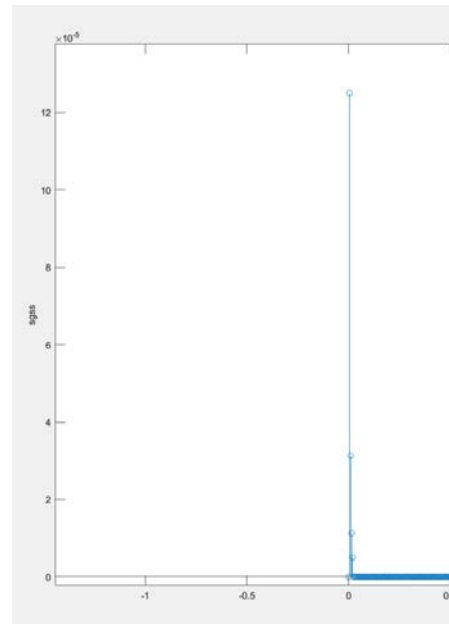
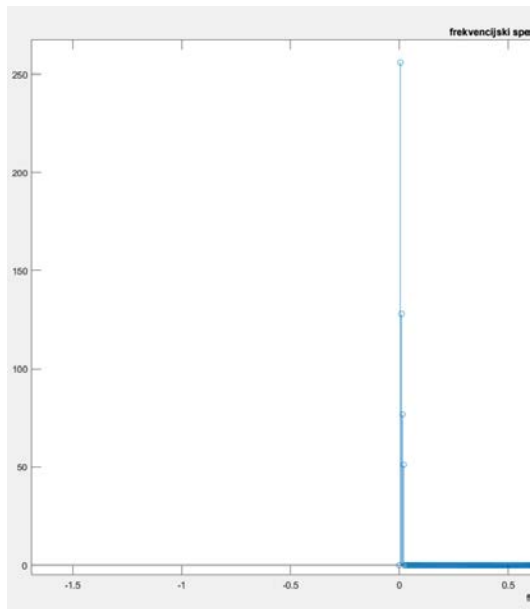
Tražen je samo NF filter posle moženja sa lokalnim nosiocem, ali ja bih dodala PO pre demodulacije da bi se umanjio efekat šuma.

Rezultati

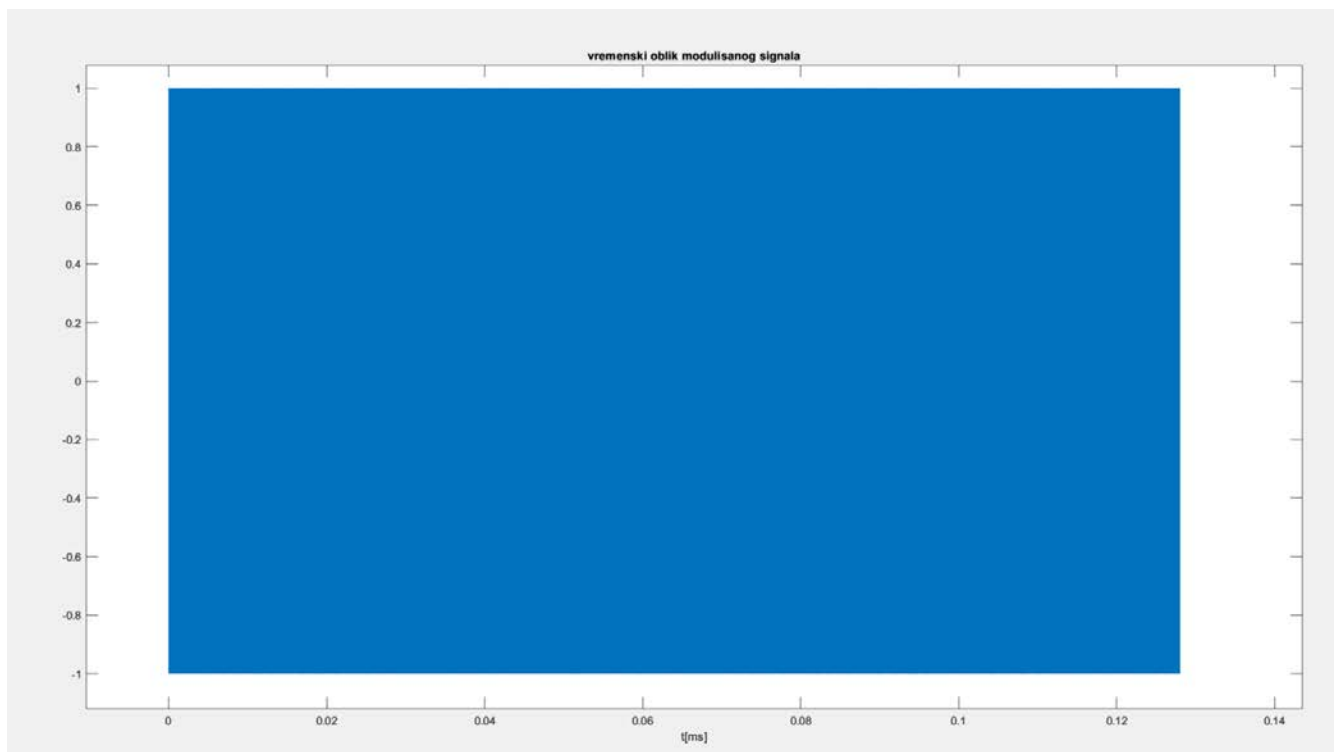
Vremenski oblik složenoperiodičnog signala izgleda ovako:

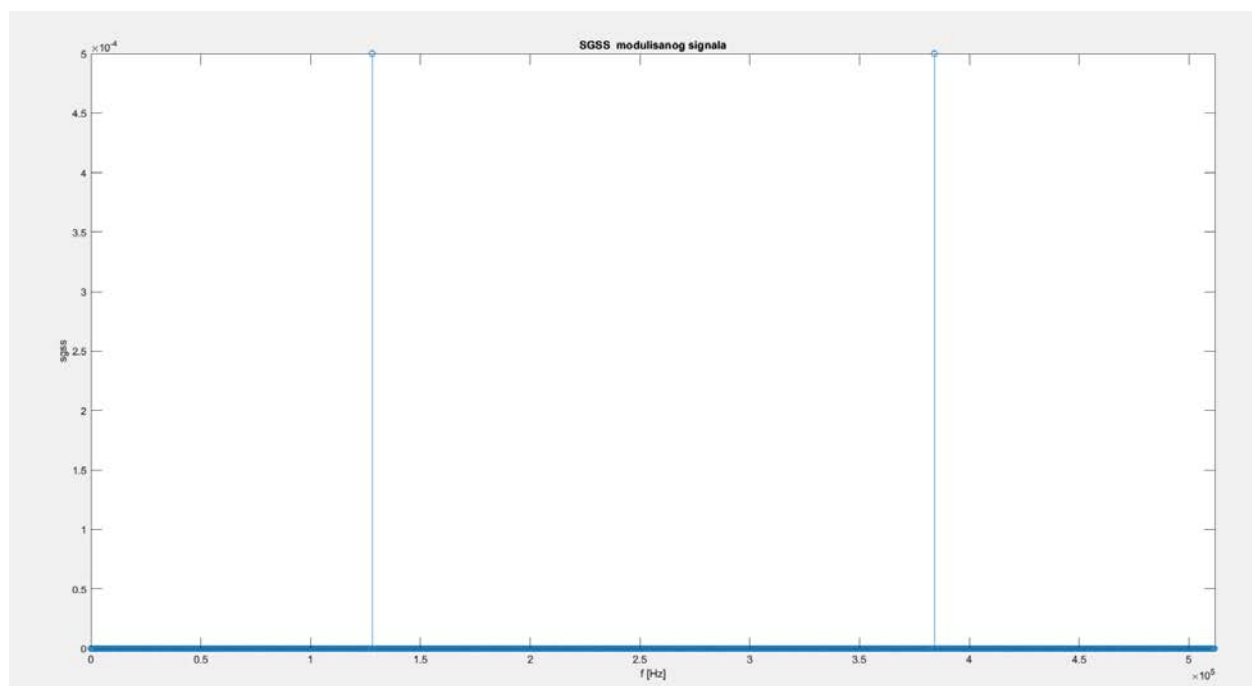
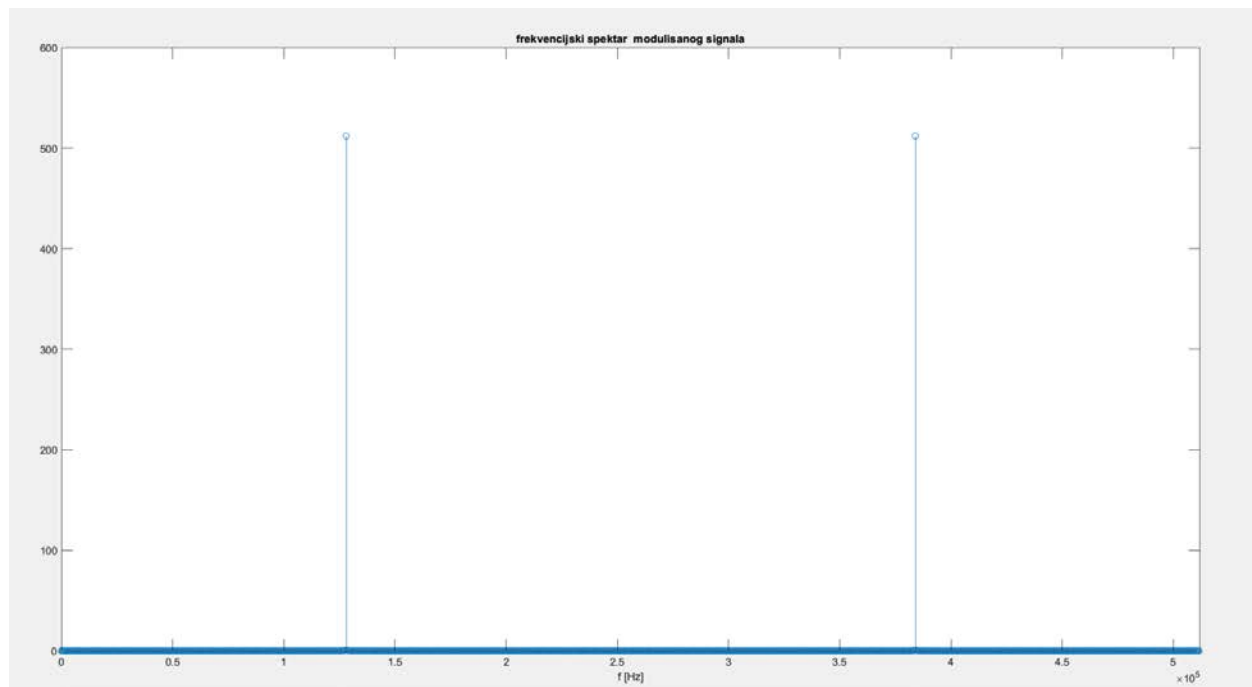


njegov frekvencijski spektar i SGSS imaju komponente na učestanostima 500 Hz, 1000Hz, 1500Hz i 2000Hz što je i očekivano, imamo samo te 4 komponente.



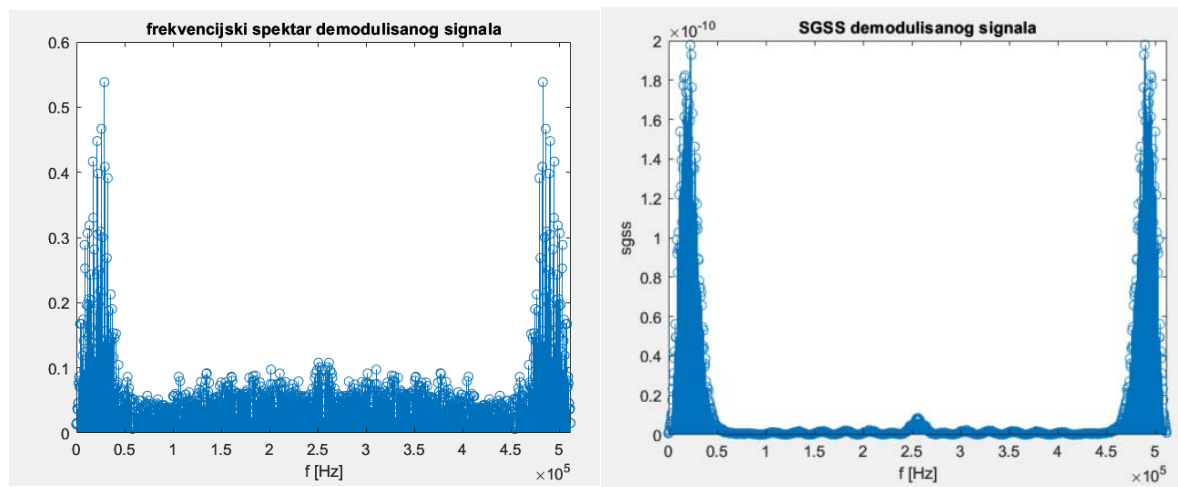
Amplituda modulisanog signala je 1. frekvencija nosioca je 128000Hz, tkd je signal zbijen. Konstanta modulacije je 2.





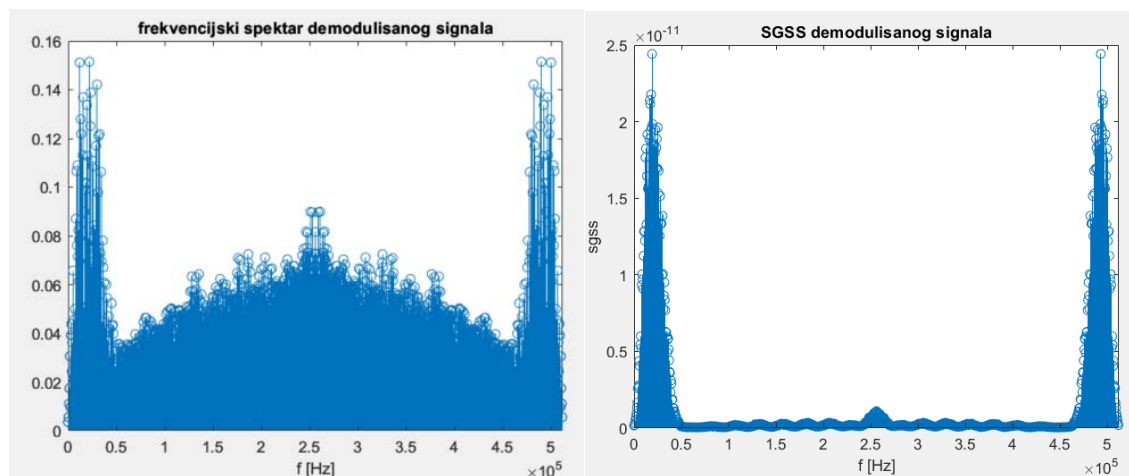
Imamo jednu komponentu na učestanosti nosioca za frekvencijski spektar i SGSS.

Demodulacija je idealna i SNR je 5dB.

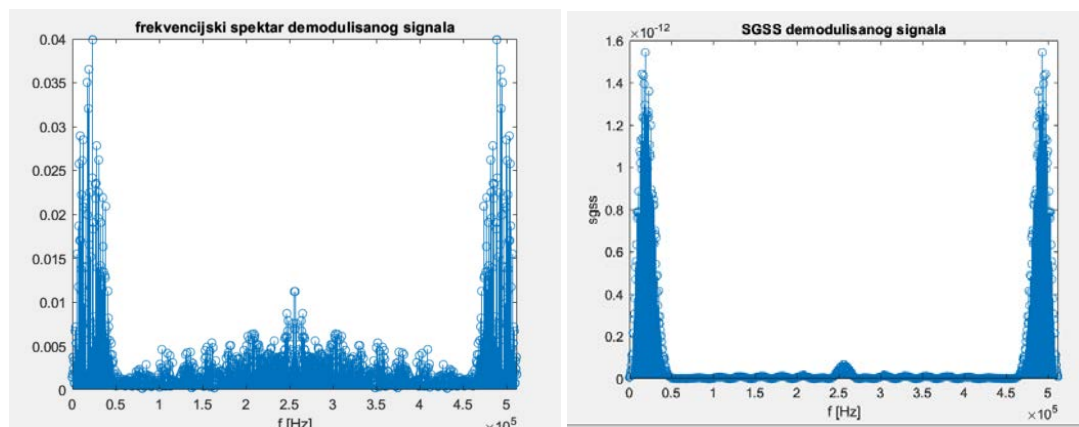


Komponente su vraćene u osnovni opseg. Vidi se uticaj šuma zbog rasipanja.

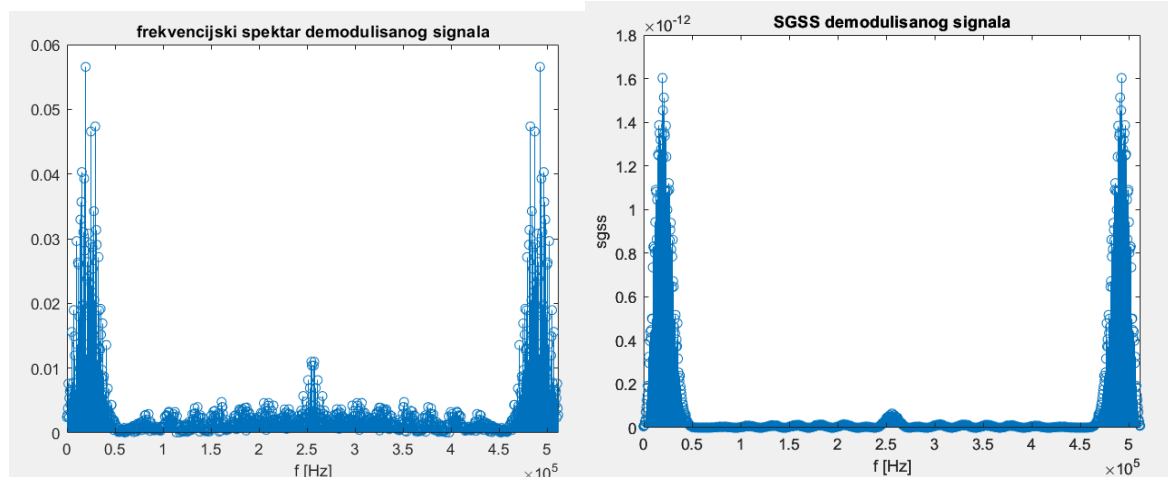
Demodulacija je idealna i SNR je 14dB.



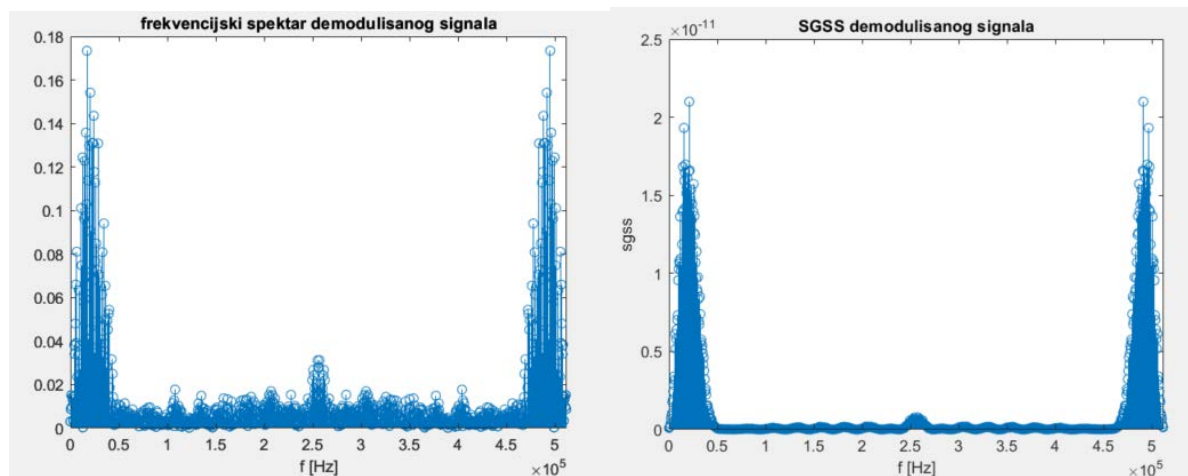
Demodulacija je idealna i SNR je 26dB.



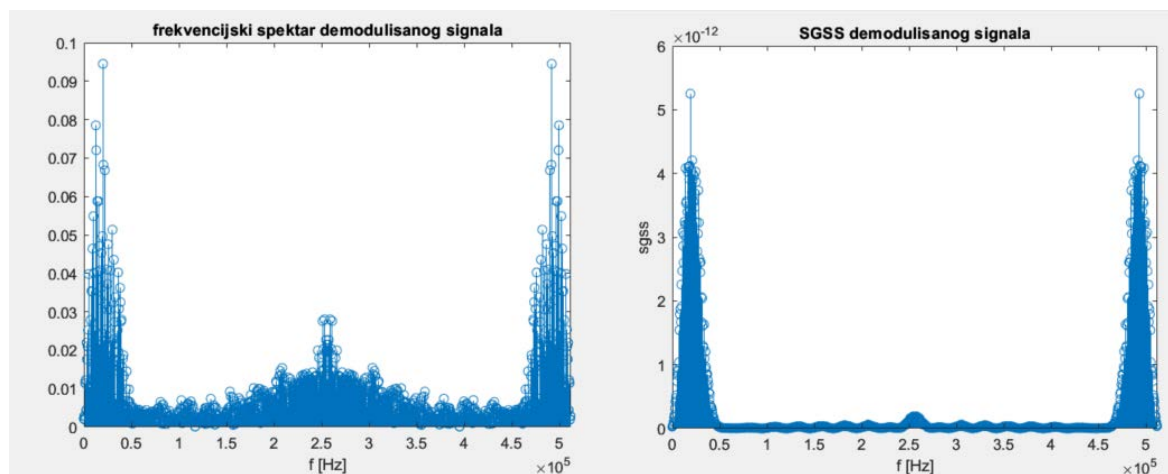
Demodulacija je neidealna sa greškom sinhronizacije $\pi/4$ i SNR je 26dB.



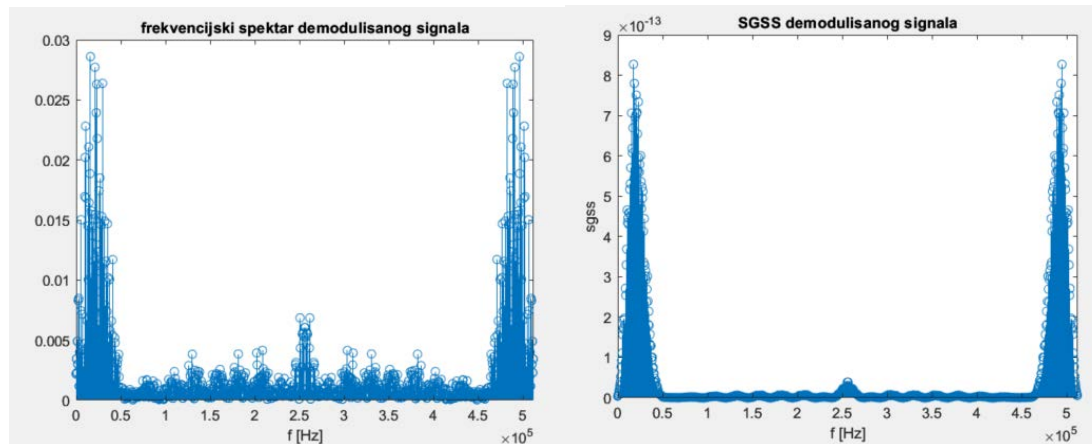
Demodulacija je idealna, SNR je 15dB, Kfm je 2.



Demodulacija je idealna, SNR je 15dB, Kfm je 4.



Demodulacija je idealna, SNR je 15dB, Kfm je 10.



Zaključak

Kako se SNR povećava, amplituda šuma se smanjuje. Povećanjem konstante modulacije amplituda šuma se smanjuje (povećava se opseg signala pa samim tim i SNR na predaji, ali povećava se i snaga šuma na prijemu).