

1. Vježba – Modulacija amplitude

1.1. Uvod

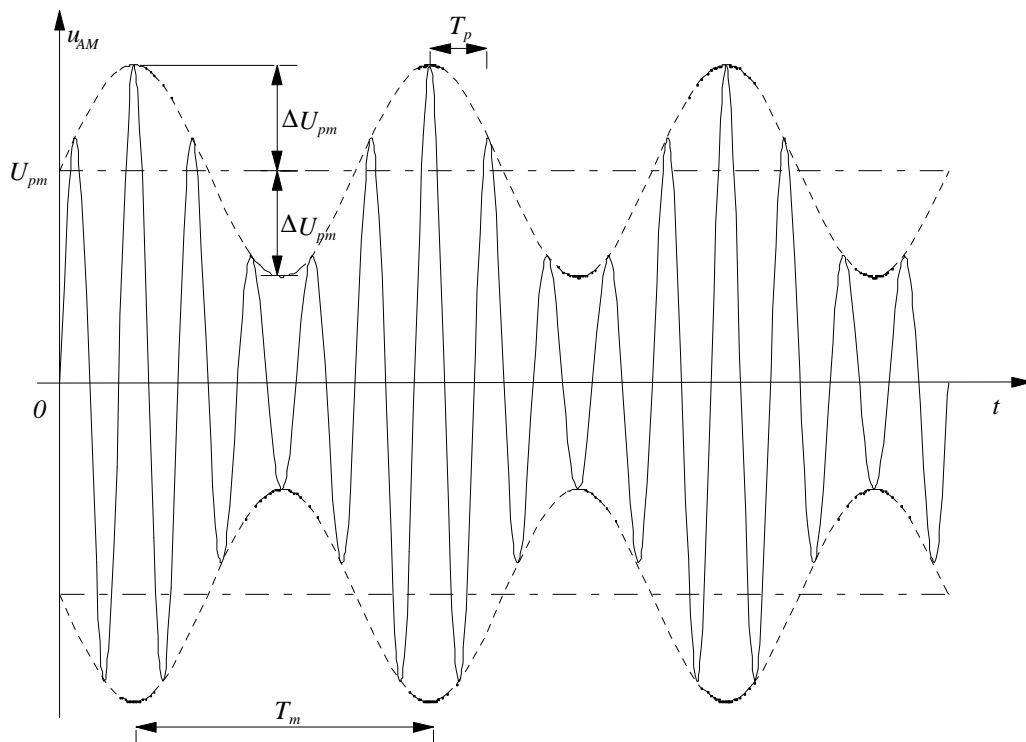
Modulacijom amplitude sinusnoga prijenosnog signala (AM, *Amplitude Modulation*) mijenja se amplituda prijenosnog signala u ovisnosti o razini modulacijskog signala. Kad je modulacijski signal sinusnog oblika amplitude U_{mm} i frekvencije ω_m , izlazi amplitudno modulirani signal u obliku:

$$u_{AM}(t) = (U_{pm} + k_a U_{mm} \cos \omega_m t) \cos \omega_p t = \quad (1.1)$$

$$= U_{pm} \left(1 + \frac{k_a U_{mm}}{U_{pm}} \cos \omega_m t \right) \cos \omega_p t = \quad (1.2)$$

$$= U_{pm} (1 + m_a \cos \omega_m t) \cos \omega_p t, \quad (1.3)$$

gdje su U_{pm} - amplituda prijenosnog signala, ω_p - frekvencija prijenosnog signala i k_a faktor razmjernosti.



Slika 1.1. Valni oblik amplitudno moduliranog signala

U izrazu (1.3) je sa m_a označena veličina koja se naziva indeksom modulacije amplitude. Njegove se vrijednosti kreću od nule (kad nema modulacije) do jedan.

Prema oznakama sa slike 1.1. kvantitativna vrijednost indeksa modulacije jednaka je omjeru najveće promjene amplitude prijenosnog signala prema njegovoj nominalnoj amplitudi:

$$m_a = \frac{\Delta U_{pm}}{U_{pm}} . \quad (1.4)$$

Kvantitativnu vrijednost indeksa modulacije može se odrediti iz valnog oblika AM-signalu ili iz frekvencijskog spektra moduliranog signala. U valnom obliku moduliranog signala valja naći razinu najveće amplitude A_{maks} i razinu najmanje amplitude A_{min} (slika 1.2).

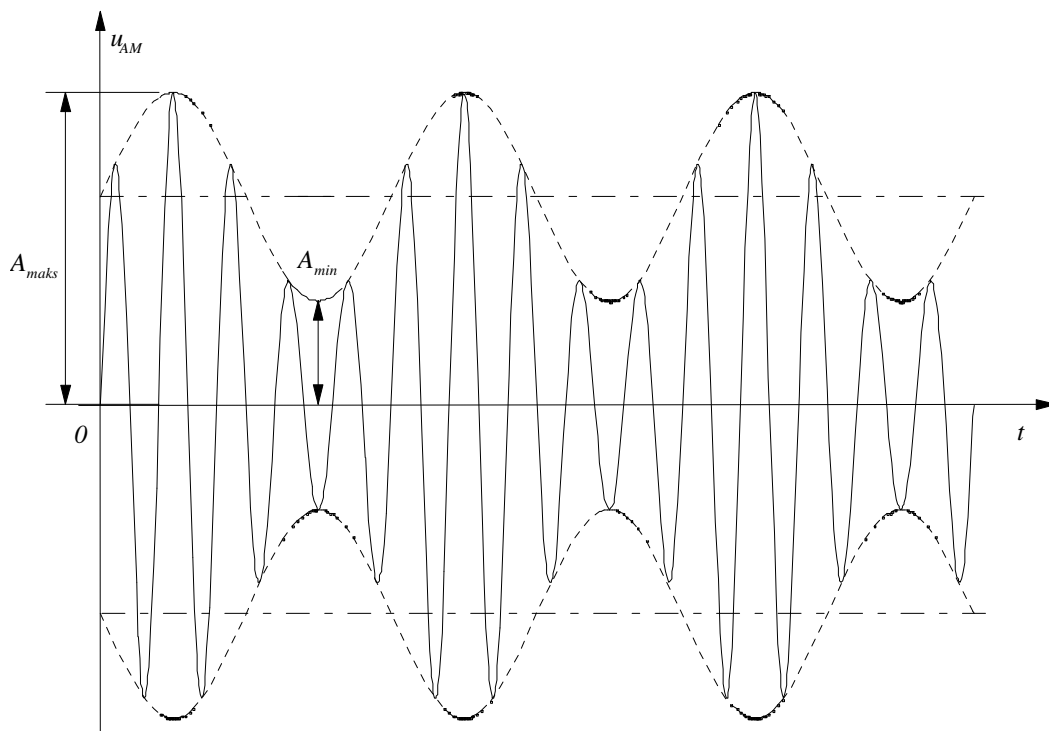
Iz (1.3) izlazi:

$$A_{maks} = U_{pm} (1 + m_a) , \quad (1.5)$$

$$A_{min} = U_{pm} (1 - m_a) , \quad (1.6)$$

što zajedno daje:

$$m_a = \frac{A_{maks} - A_{min}}{A_{maks} + A_{min}} . \quad (1.7)$$



Slika 1.2. Određivanje indeksa modulacije na temelju valnog oblika AM-signalu

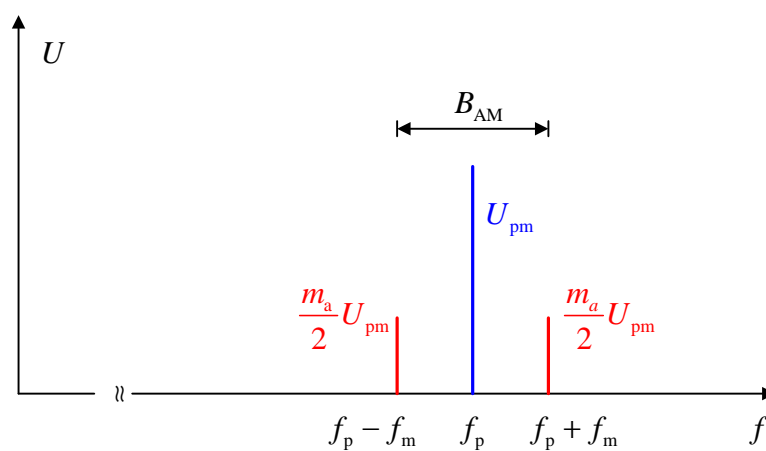
Promatranjem valnog oblika AM-signalu na osciloskopu lakše je odrediti napon od vrha do vrha u trenutku najveće i u trenutku najmanje amplitude. Kako je tako određeni napon jednak $2A_{maks}$ odnosno $2A_{min}$ to će biti:

$$m_a = \frac{2A_{\text{maks}} - 2A_{\text{min}}}{2A_{\text{maks}} + 2A_{\text{min}}}. \quad (1.8)$$

Promatrajući spektar AM-signala moduliranog sinusnim signalom (slika 1.3), može se odrediti indeks modulacije m_a kao:

$$m_a = \frac{2U_{\text{bk}}}{U_{\text{pm}}}, \quad (1.9)$$

gdje je U_{bk} amplituda bočne komponente, a U_{pm} amplituda prijenosnog signala.



Slika 1.3. Spektar amplitudno moduliranog signala kada je modulacijski signal sinusnog oblika

1.2. Domaća zadaća

1.2.1. U koordinatnom sustavu sa slike 1.4. nacrtajte valni oblik amplitudno moduliranog signala u vremenskom području ako je:

- prijenosni signal jednak: $u_p = 3 \cdot \cos(2000\pi \cdot t)$, V;

- modulacijski signal jednak: $u_m = 1 \cdot \sin(200\pi \cdot t)$, V.

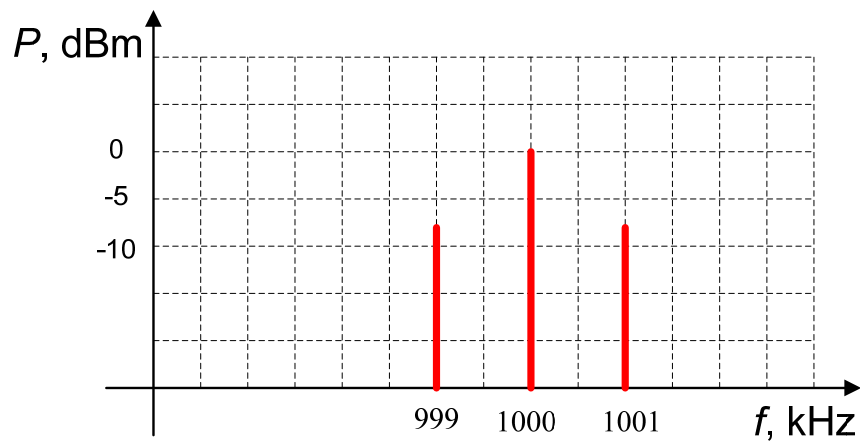
Napišite matematički izraz koji opisuje ovaj amplitudno modulirani signal.



Slika 1.4. Valni oblik AM-signalu uz zadane parametre

1.2.2. Slika 1.5. prikazuje spektar snage amplitudno moduliranog signala.

- Koliko puta je razina bočnih komponenti niža od razine komponente prijenosnog signala?
- Koliki je iznosi indeks modulacije m_a ?



Slika 1.5. Spektar snage AM-signal

1.3. Rad na vježbi

Prije početka rada u *MATLAB*-u potrebno je u direktoriju

c:\ComSys\Vjezba1

kreirati vlastiti direktorij nazvan prezimenom jednog od studenata koji rade na vježbi

c:\ComSys\Vjezba1\prezime

Pokrenuti program *MATLAB* i promijeniti radni direktorij sa

cd c:\ComSys\Vjezba1\prezime

Pokrenuti *SIMULINK* iz komandne linije glavnog *MATLAB* prozora

simulink

nakon čega će se na ekranu pojaviti prozor

Simulink Library Browser

koji sadrži standardne biblioteke blokova.

1.3.1. Spektar AM-signal

Kreirati prazni radni list odabirom

File → New → Model

koji se nalaze u prozoru Simulink Library Browser.

Na dobiveni prazni list unositi će se blokovi, veze i sl. te će on na kraju sadržavati shemu riješenog zadatka. Zato ga je potrebno pohraniti u svoj direktorij „prezime“ pomoću

File → Save as

Preporuča se da zadatak nazovete

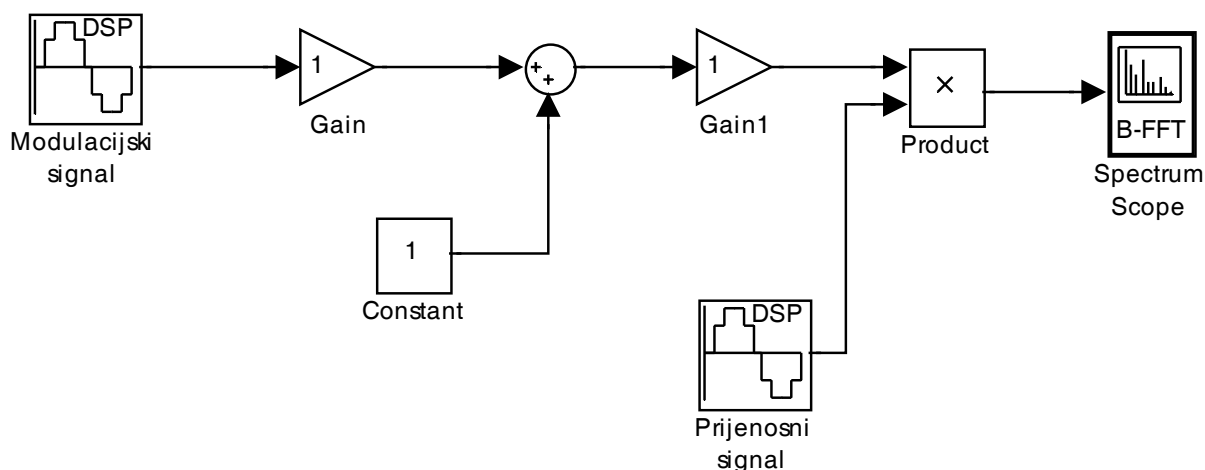
zadatak1.mdl

Potrebno je nacrtati shemu prikazanu slikom 1.6. Svi potrebni blokovi nalaze se u datoteka:

Simulink Library Browser/Simulink/Commonly Used Blocks

Simulink Library Browser/Signal Processing Blockset/DSP Sinks

Simulink Library Browser/Signal Processing Blockset/DSP Sources

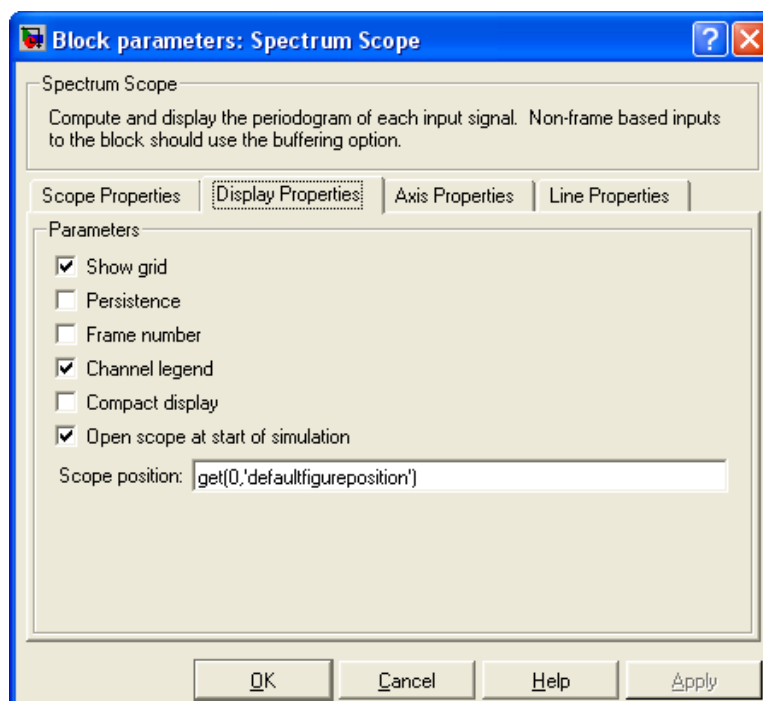
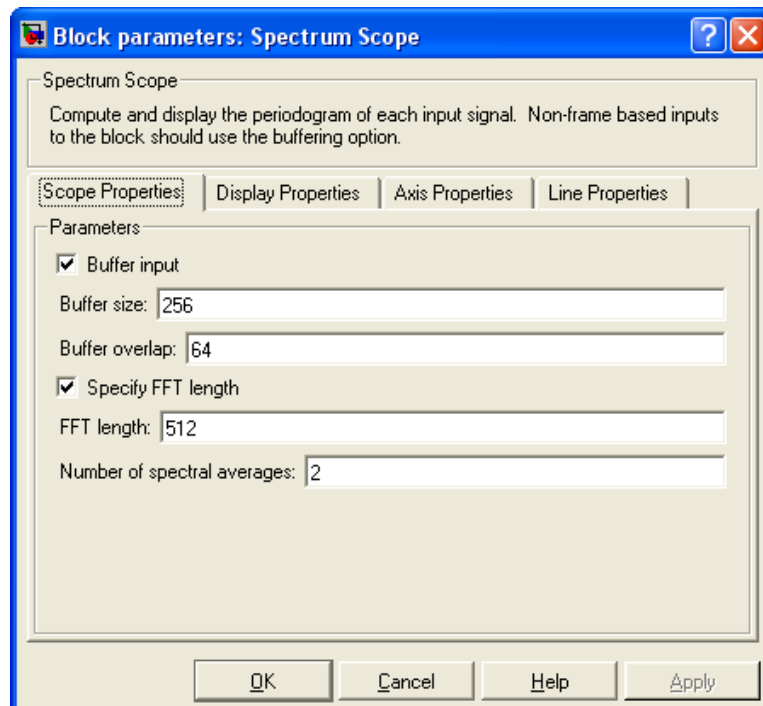


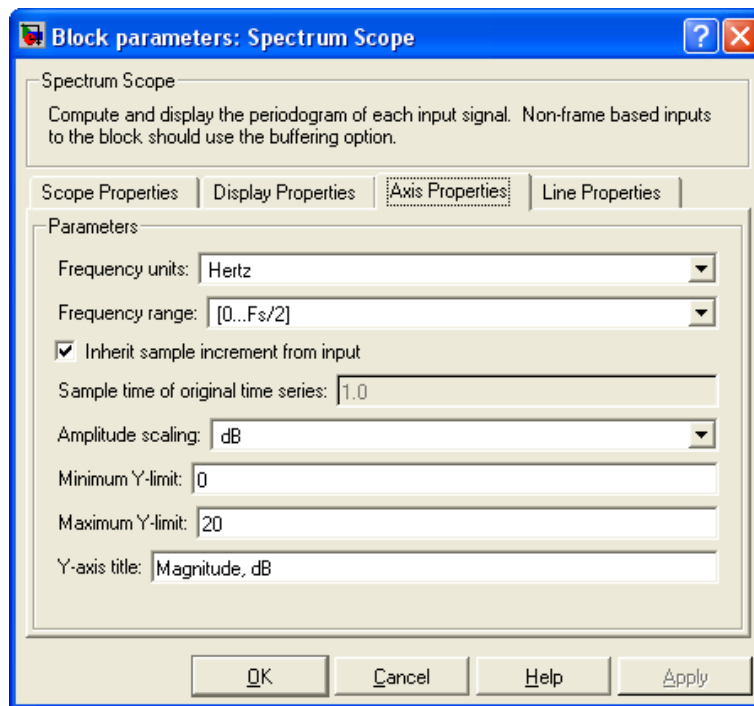
Slika 1.6. Mjerenje indeksa modulacije AM-signal

Modulacijski signal predložen je uzorcima sinusnoga valnog oblika (amplituda 1, frekvencija 200 Hz). Vrijeme uzorkovanja postaviti na 1/20000!

Prijenosni signal je također predložen je uzorcima sinusnoga valnog oblika (amplituda 1, frekvencija 5000 Hz, vrijeme uzorkovanja 1/20000).

Spektralnu analizu signala radi blok `Spectrum Scope` kojeg je potrebno podesiti na sljedeći način:





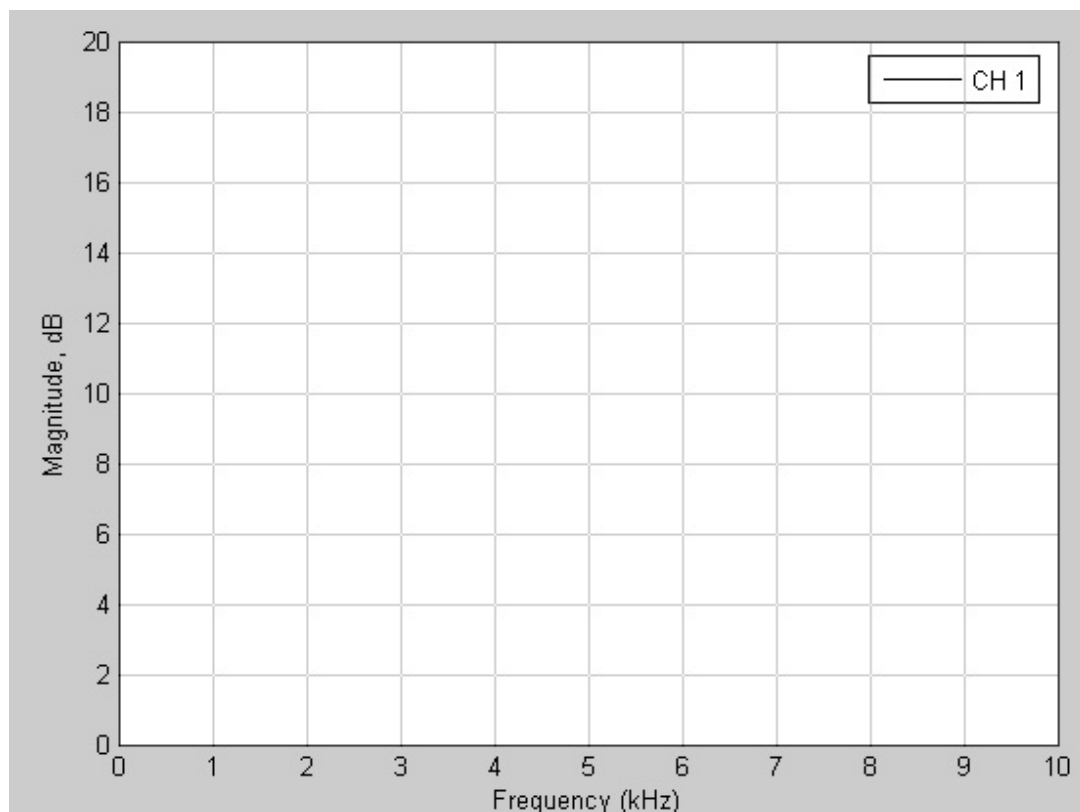
Nakon namještanja parametara elemenata potrebno je pokrenuti simulaciju

Simulation → Start

Vrijeme trajanja simulacije se može skratiti na jednu sekundu tako da se u izborniku za namještanje parametara simulacije upiše 1 s u polje *Stop time*.

Simulation → Simulation Parameters

Pokretanjem simulacije će se pojaviti prozor spektralne analize signala. Po završetku simulacije potrebno je nacrtati spektar signala.



Slika 1.7. Spektar AM-signala

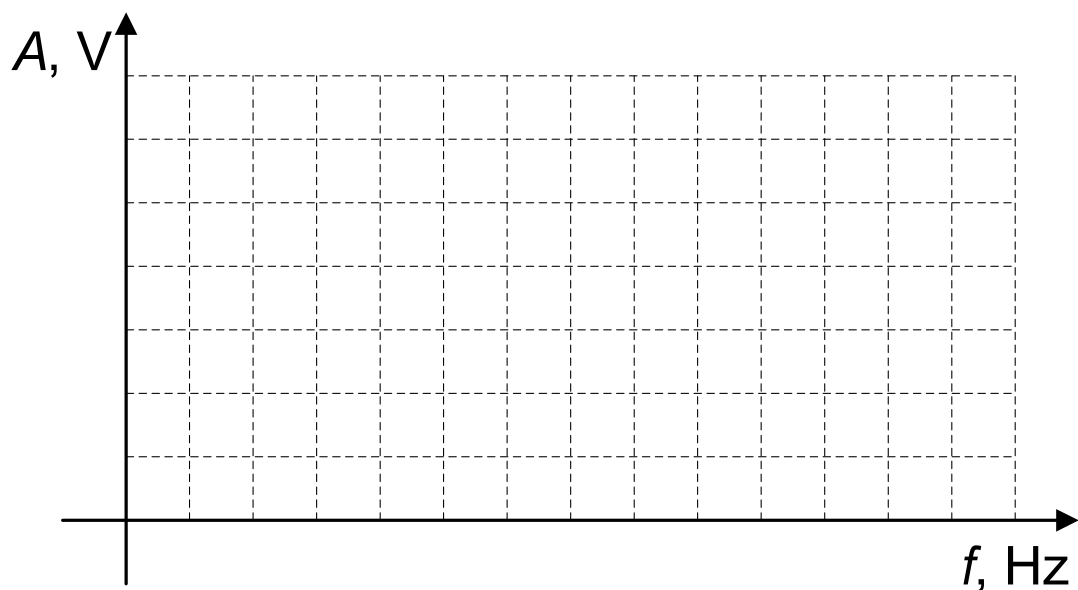
Pitanja:

Koliki je indeks modulacije AM-signala sa slike 1.7?

Koje su frekvencije bočnih komponenti moduliranog signala sa slike 1.7?

Kako se na simulacijskom modelu sa slike 1.6. može mijenjati indeks modulacije?

Kako izgleda spektar amplitude AM-signala ako se sinusnome modulacijskom signalu frekvencije 200 Hz i amplitude 1 V, doda sinusni signal frekvencije 500 Hz jednake amplitude? Nacrtajte spektar tako dobivenog signala!



Slika 1.8. Spektar amplitude moduliranog signala

1.3.2. Valni oblik AM-signal

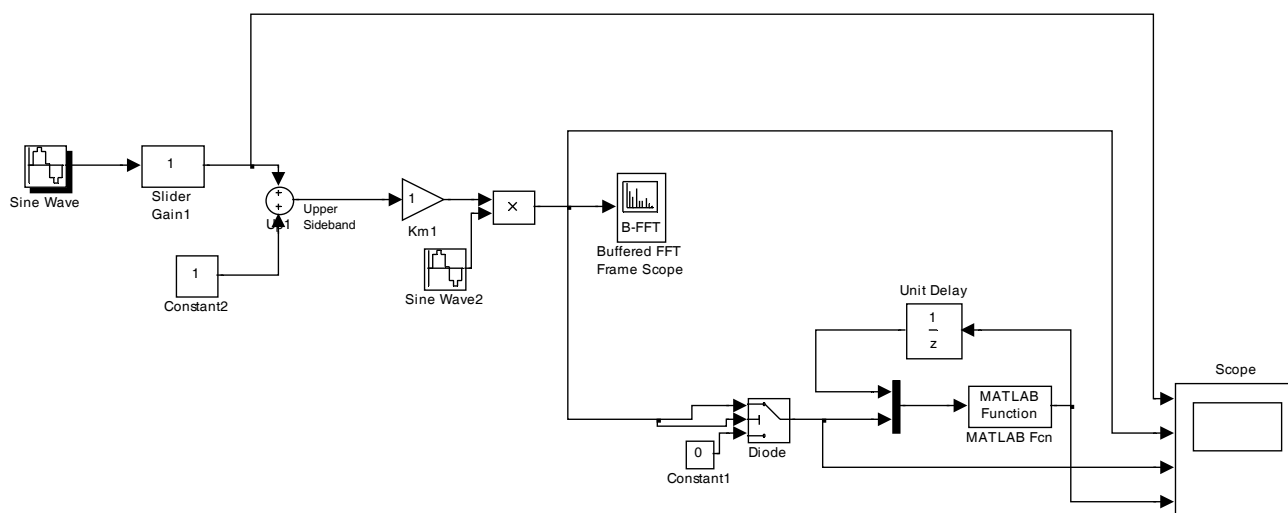
Potrebno je odabrati radni direktorij

c:\ ComSys\Vjezba1

te otvoriti već gotov *Simulink* model

vjezba_1_2.mdl

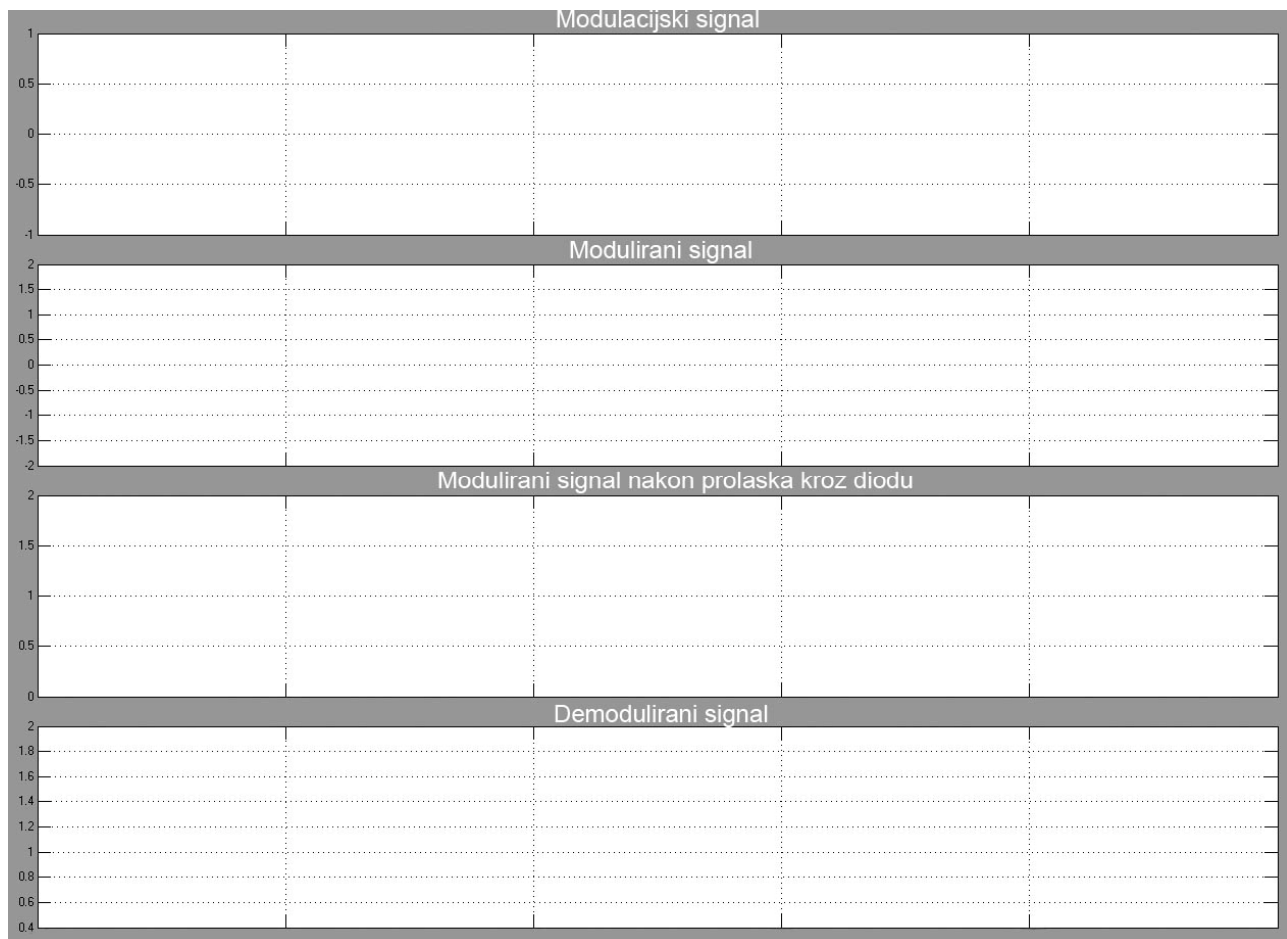
koji je prikazan na slici 1.9.



Slika 1.9. Simulink model AM-modulatora i demodulatora

Prvi dio modela je identičan modelu iz prvog dijela vježbe, dok drugi dio modela predstavlja demodulator AM-signal.

Prilikom pokretanja simulacije pojaviti će se prozor spektralne analize; sadržaj kojeg nije potrebno precrtavati. Po završetku simulacije potrebno je precrtati valne oblike sa osciloskopa u sliku 1.10. (dvostruki klik mišem na `scope`, te zatim po potrebi odabrati `autoscale`).



Slika 1.10. Valni oblici sa osciloskopa

Pitanja:

Zbog čega se dobiveni spektar signala ovog modela razlikuje od spektra signala u prijašnjem modelu?

Koliki je indeks modulacije?

Koja je uloga diode?