

# 1. Vježba – Modulacija amplitude

## 1.1. Uvod

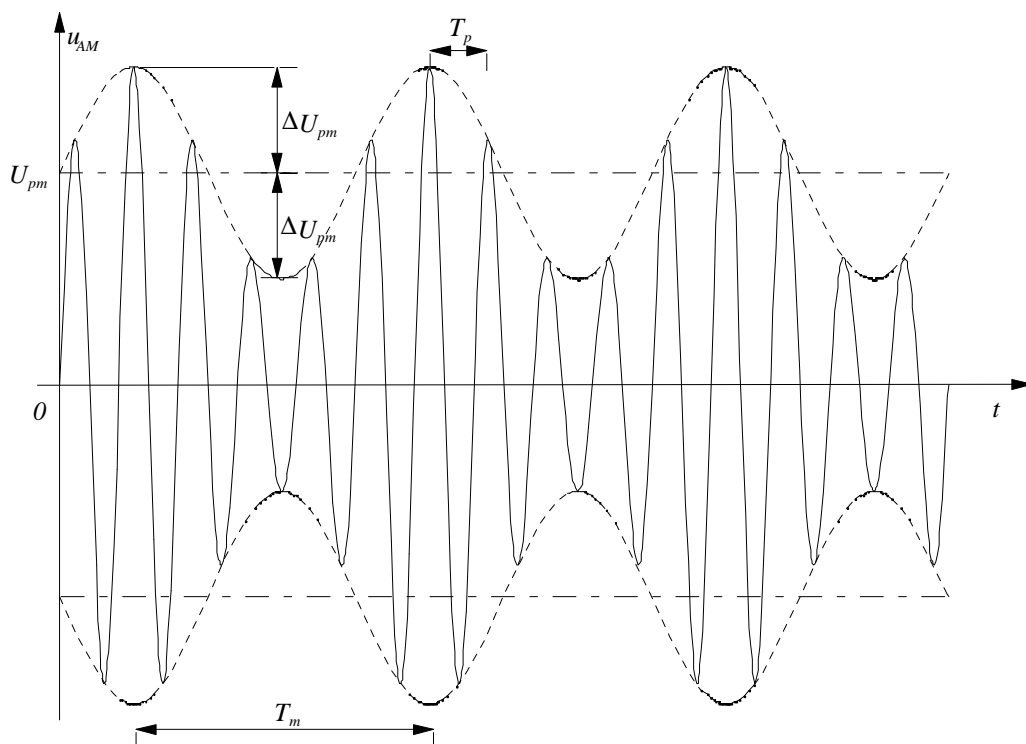
Modulacijom amplitude sinusnoga prijenosnog signala (AM, *Amplitude Modulation*) mijenja se amplituda prijenosnog signala u ovisnosti o razini modulacijskog signala. Kad je modulacijski signal sinusnog oblika amplitude  $U_{mm}$  i frekvencije  $\omega_m$ , izlazi amplitudno modulirani signal u obliku:

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

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

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

gdje su  $U_{pm}$  - amplituda prijenosnog signala,  $\omega_p$  - 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-signala 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).

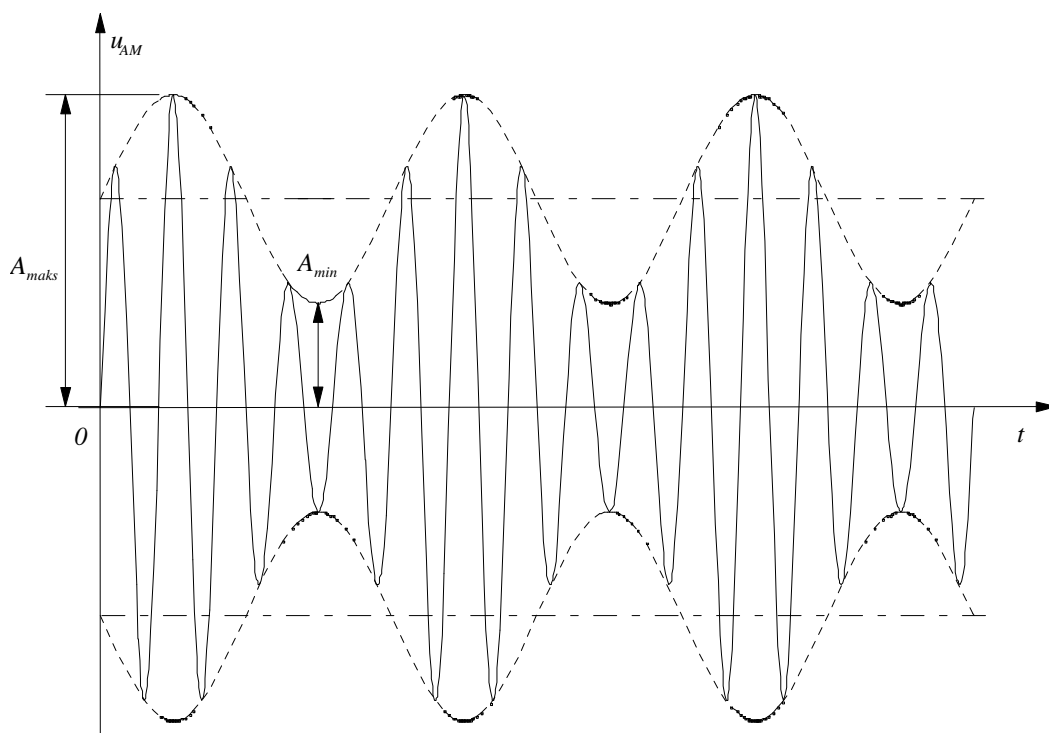
Iz (1.3) izlazi:

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

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

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-signala

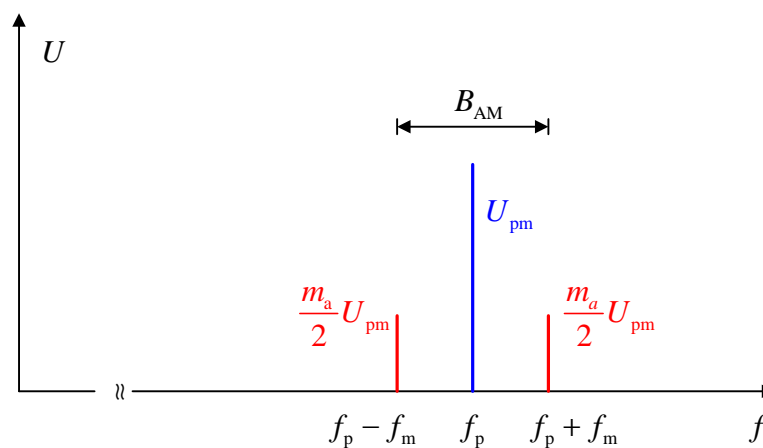
Promatranjem valnog oblika AM-signala na osciloskopu lakše je odrediti napon od vrha do vrha u trenutku najveće i u trenutku najmanje amplitude. Kako je tako određeni napon jednak  $2A_{maks}$  odnosno  $2A_{min}$  to će biti:

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

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  $U_{\text{bk}}$  amplituda bočne komponente, a  $U_{\text{pm}}$  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:  $u_p = 4 \cdot \cos(2000\pi \cdot t)$ , V;

- modulacijski signal jednak:  $u_m = 1 \cdot \cos(100\pi \cdot t)$ , V!

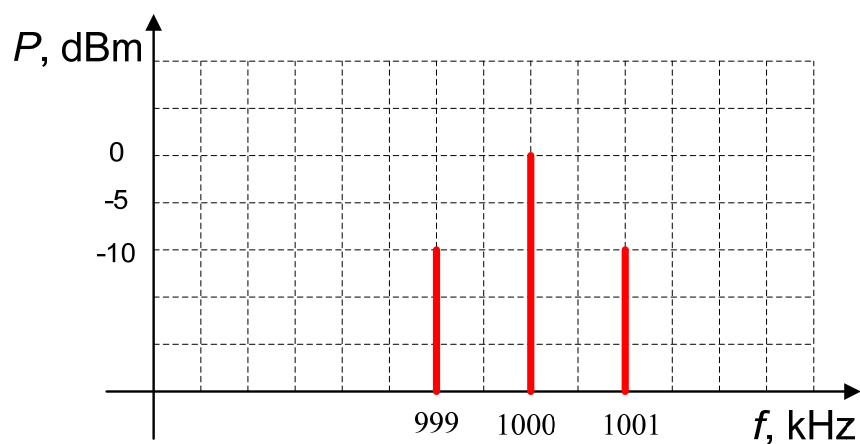
Napišite matematički izraz koji opisuje ovaj amplitudno modulirani signal.



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-signalu

### 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-signala

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

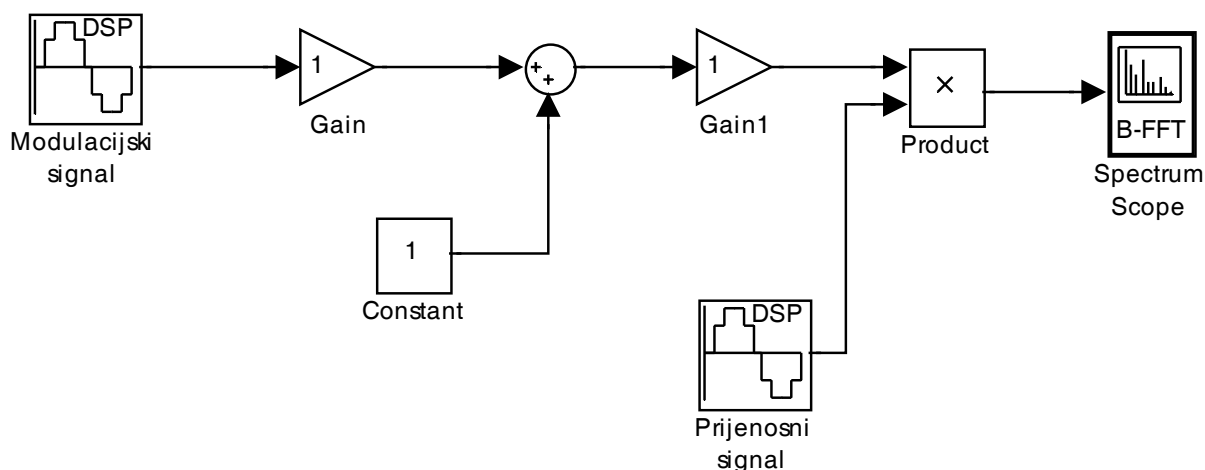
**zadatak1.mdl**

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**

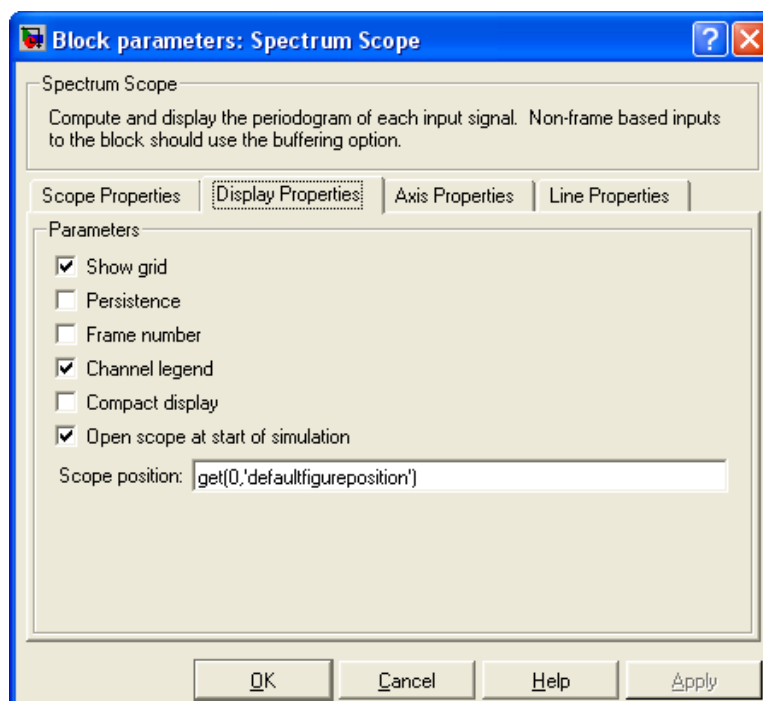
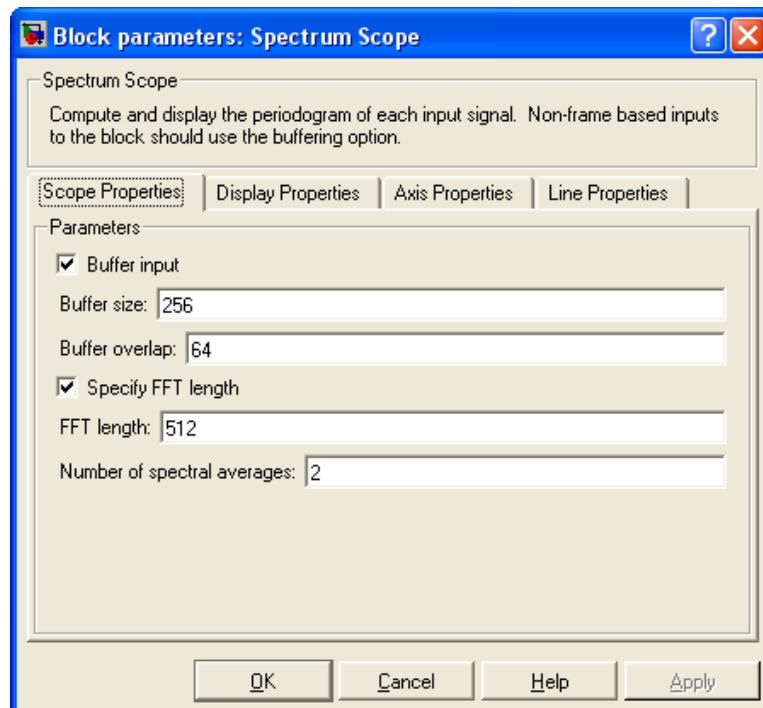


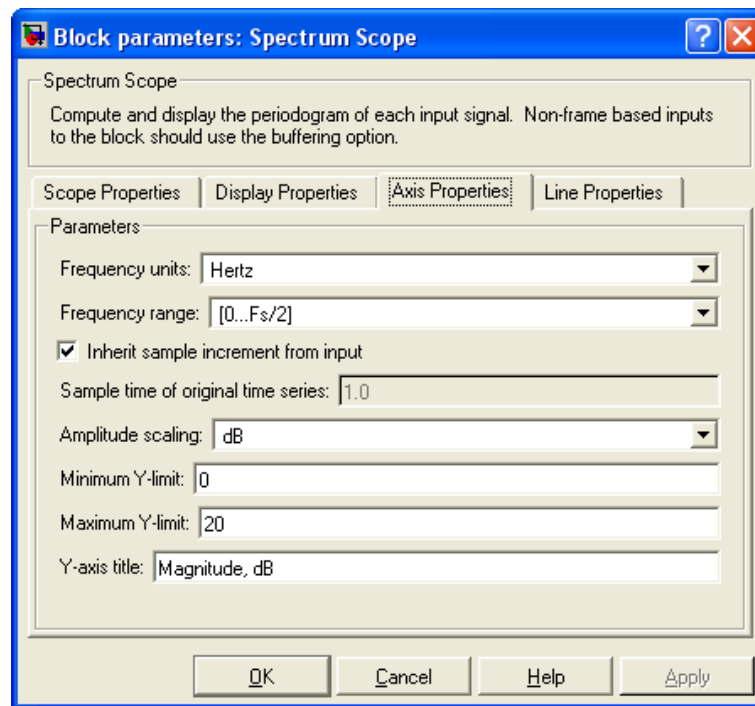
Slika 1.6. Mjerenje indeksa modulacije AM-signala

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:





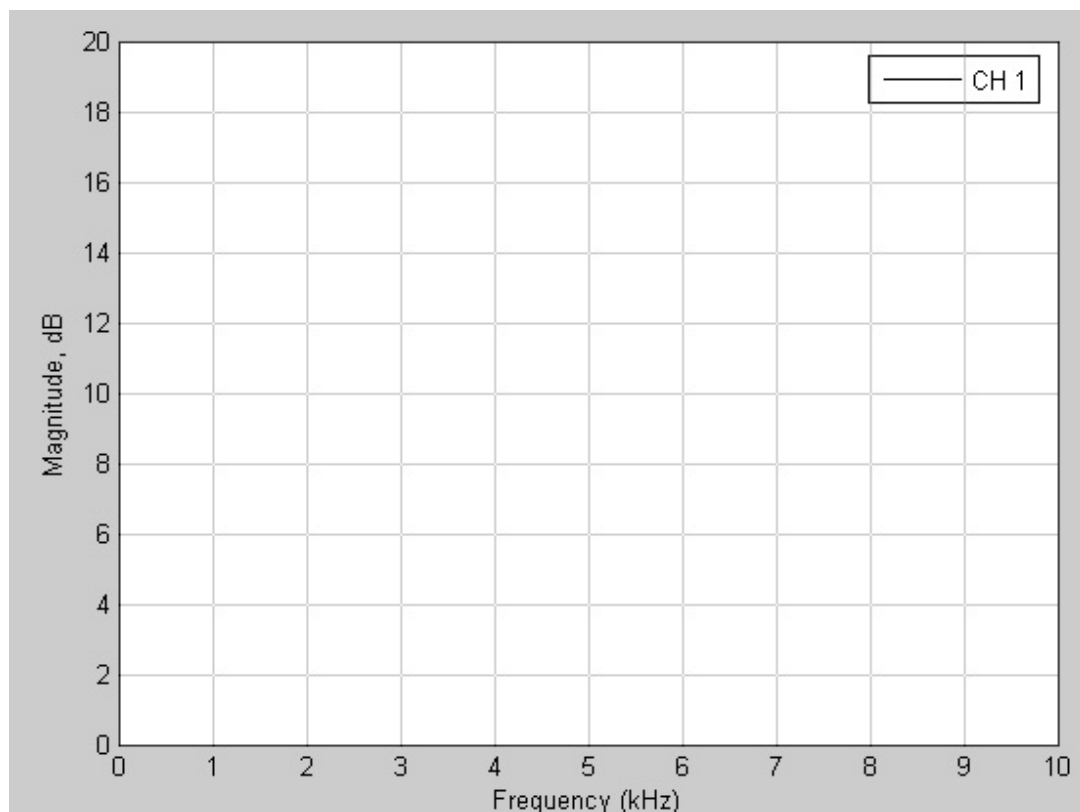
Nakon namještanja parametara elemenata potrebno je pokrenuti simulaciju

#### **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



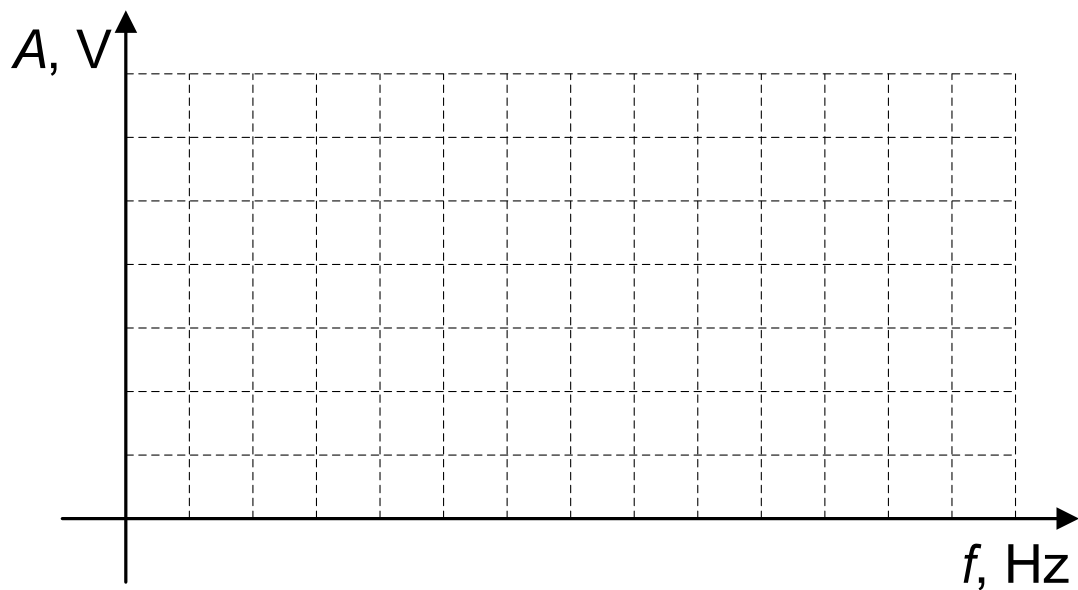
**Pitanja:**

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?

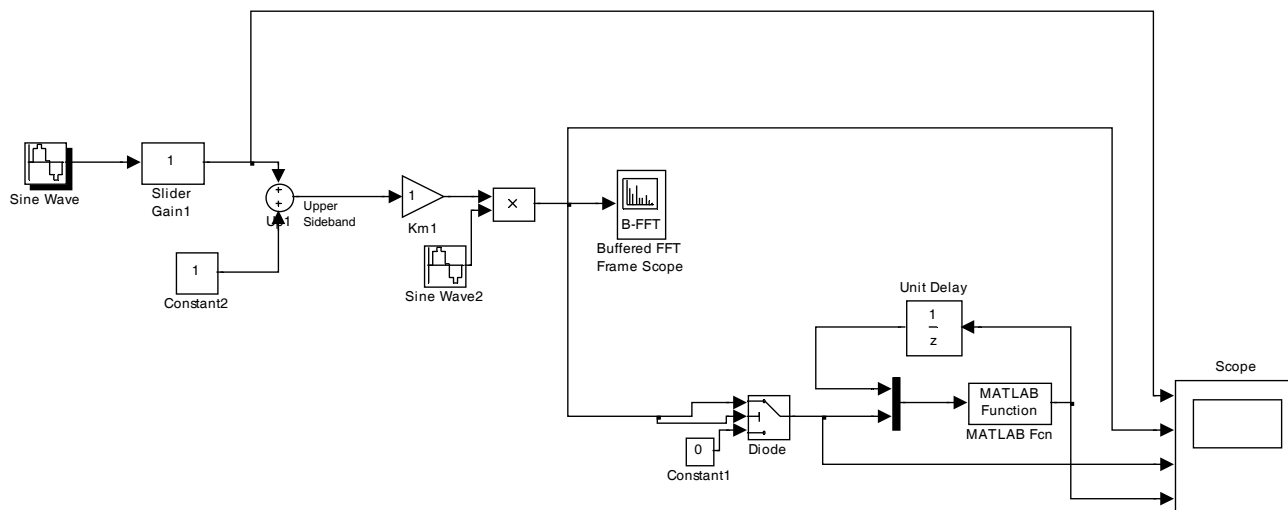
Kako izgleda spektar amplitude AM-signala ako se sinusnome modulacijskom signalu frekvencije 200 Hz i amplitude 1 V, doda sinusni signal frekvencije 500 Hz jednake amplitude? Nacrtajte spektar tako dobivenog signala!



Slika 1.8. Spektar amplitude moduliranog signala

### 1.3.2. Valni oblik AM-signal

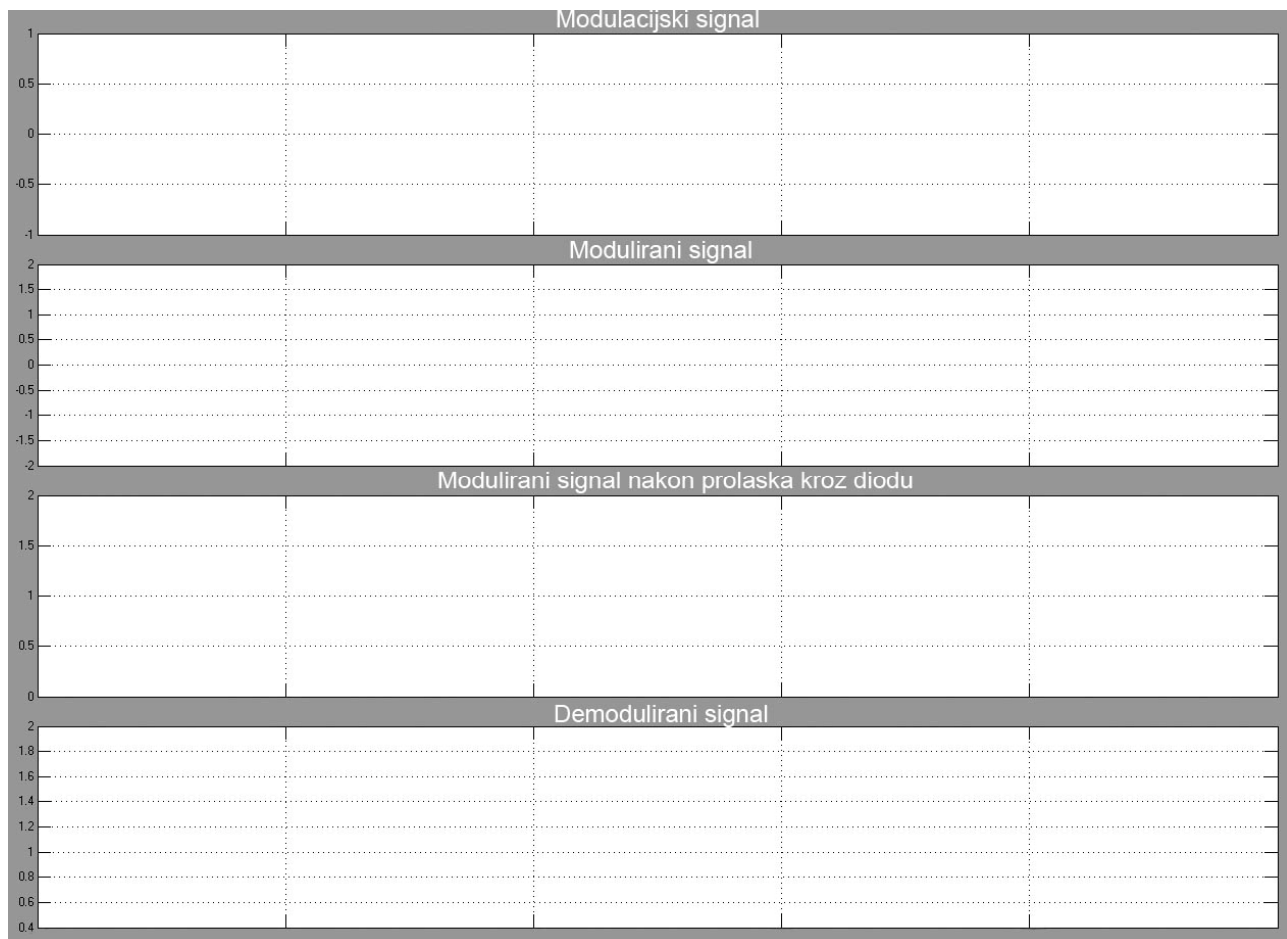
Potrebno je odabrati radni direktorij  
**c:\ ComSys\Vjezba1\**  
 te otvoriti već gotov *Simulink* model  
**vjezba\_1\_2.mdl**  
 koji je prikazan na slici 1.9.



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?