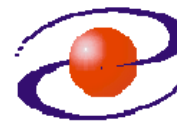




**UNIVERZITET CRNE GORE
ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET**



STUDIJSKI PROGRAM: *ELEKTRONIKA, TELEKOMUNIKACIJE I RAČUNARI*

PREDMET: *OSNOVE ANALOGNIH TELEKOMUNIKACIJA*

FOND ČASOVA: *3+1+1*

LABORATORIJSKA VJEŽBA BROJ 4

NAZIV: *FREKVENCIJSKA MODULACIJA*

CILJEVI VJEŽBE:

- generisanje frekvencijski modulisanog signala,
- određivanje uticaja promjene talasnog oblika modulišućeg signala na oblik FM signala,
- detekcija FM signala,
- snimanje amplitudskog spektra FM signala,
- određivanje širine spektra FM signala,
- uticaj promjene amplitude modulišućeg signala i maksimalne devijacije učestanosti u FM modulatoru na širinu spektra FM signala.

POTREBAN PRIBOR:

- kalkulator,
- lenjir.

IME I PREZIME: _____.

BROJ INDEKSA: _____.

BROJ POENA:	
OVJERAVA:	
DATUM:	

1. APARATURA

Na raspolaganju su sljedeći uređaji i oprema:

1. Signal generator HP 8647A
2. Osciloskop Agilent 54621A
3. Analizator spektra HP E4411B
4. Generator funkcija MOR Systems WG 810
5. Kutije kondenzatora i otpornika, dioda
6. Pomoćna oprema



1. Signal generator HP 8647A



2. Osciloskop Agilent 54621A



3. Analizator spektra HP E4411B



4. Generator funkcija MOR Systems WG 810

2. TEORIJSKA OSNOVA LABORATORIJSKE VJEŽBE

Frekvencijska modulacija predstavlja jedan od ugaonih postupaka modulacije u kome je trenutna devijacija frekvencije modulisanog signala direktno proporcionalna modulišućem signalu. FM signal se može matematički opisati relacijom:

$$u_{FM}(t) = U_0 \cos\left(2\pi f_0 t + 2\pi k_f \int u_m(t) dt\right) \quad (1)$$

gdje je U_0 amplituda nosioca, f_0 učestanost nosioca, k_f konstanta modulatora, a $u_m(t)$ modulišućí signal čija je maksimalna učestanost u spektru f_m . Trenutna devijacija učestanosti FM signala (δf_i) je po definiciji:

$$\delta f_i = \frac{1}{2\pi} \frac{d}{dt} \left(2\pi k_f \int u_m(t) dt \right) = k_f u_m(t) \quad (2)$$

Iz relacije (2) se može uočiti da je trenutna devijacija frekvencije FM signala linearno zavisna od modulišućeg signala. Ostali parametri nosioca (amplituda i faza) treba da ostanu nepromijenjeni. Uzimajući u obzir prethodno, izraz za FM signal se može napisati u sledećem obliku:

$$u_{FM}(t) = U_0 \cos\left(2\pi f_0 t + 2\pi k_f U_m \int m(t) dt\right) = U_0 \cos\left(2\pi f_0 t + 2\pi \Delta f_0 \int m(t) dt\right) \quad (3)$$

gdje je $\Delta f_0 = k_f U_m$ maksimalna devijacija učestanosti FM signala. U_m je maksimalna vrijednost modulišućeg signala, $|m(t)| \leq 1$.

Ukoliko je $m(t) = \cos 2\pi f_m t$ onda relacija (3) postaje:

$$u_{FM}(t) = U_0 \cos\left(2\pi f_0 t + \frac{2\pi k_f U_m}{2\pi f_m} \sin(2\pi f_m t)\right) = U_0 \cos(2\pi f_0 t + m \sin(2\pi f_m t)) \quad (4)$$

gdje je $m = \frac{k_f U_m}{f_m} = \frac{\Delta f_0}{f_m}$ indeks modulacije FM signala.

Relacija (4) se uz odgovarajuće matematičke transformacije može prikazati u obliku:

$$u_{FM}(t) = U_0 J_0(m) \cos(2\pi f_0 t) + U_0 \sum_{n=1}^{\infty} J_n(m) \cos(2\pi f_0 + 2\pi n f_m) t + U_0 \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n J_n(m) \cos(2\pi f_0 - 2\pi n f_m) t \quad (5)$$

gdje je $J_n(\cdot)$ Besselova funkcija prve vrste n -tog reda.

Iz relacije (5) je očigledno da je spektar ovako dobijenog FM signala beskonačan i da se sastoji iz nosioca i parova tzv. bočnih komponenti. Ovakav beskonačan spektar nije moguće prenijeti sistemom veze. Zbog toga se ovaj spektar ograničava i uzimaju se u obzir samo značajne komponente spektra, a to su komponente koje nose više od $p\%$ snage nosioca (najčešće se uzima $p=1$).

Iz relacije (5) se takođe može vidjeti da broj značajnih komponenti u spektru FM signala zavisi, kako od maksimalne učestanosti u spektru modulišućeg signala, tako i od maksimalne devijacije učestanosti u FM modulatoru.

FM signal koji pored nosioca sadrži samo jedan par bočnih komponenti naziva se *uskopojasni* FM signal.

Demodulaciju FM signala u principu je moguće izvršiti na više načina:

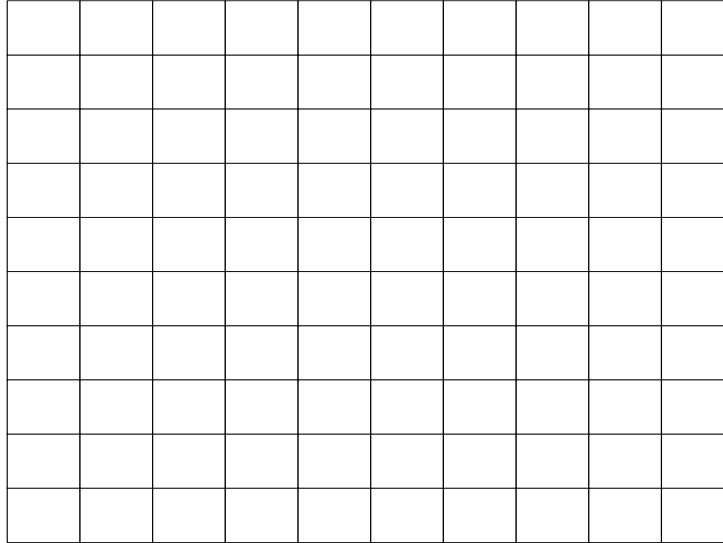
- tradicionalnim diskriminatorom koji se realizuje na bazi oscilatornih kola,
- detektorom sa sinfaznom petljom,
- detektorom presjeka sa nulom.

U principu proces diskriminacije se obavlja u dva koraka. Prvi korak je konverzija FM signala u KAM signal (diferenciranjem FM signala), dok je drugi korak demodulacija KAM signala detektorom anvelope.

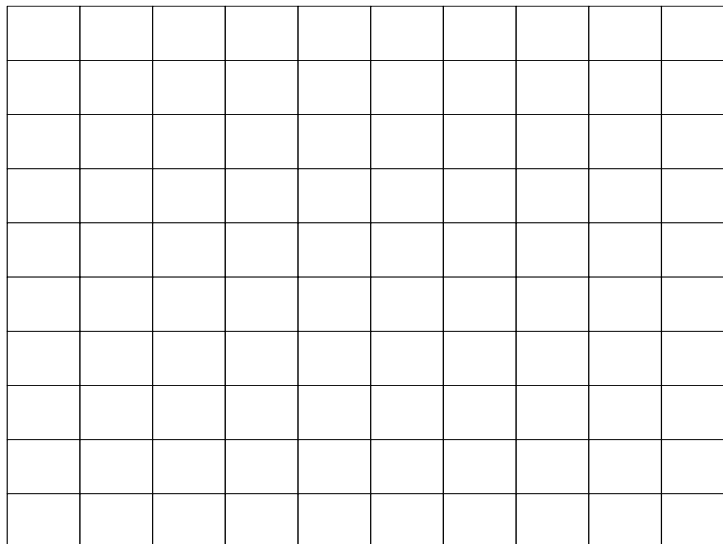
3. ZADACI LABORATORIJSKE VJEŽBE

1) Test signal $u_m(t) = U_m \cos 2\pi f_m t$, frekvencijski moduliše nosilac $U_0 \cos 2\pi f_0 t$.

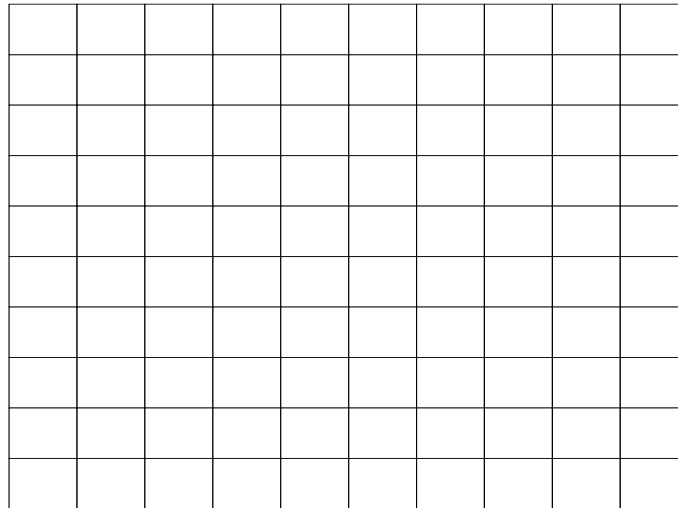
a) Ako je $f_m = 50 \text{ kHz}$, $f_0 = 500 \text{ kHz}$, a maksimalna devijacija učestanosti u FM modulatoru 50 kHz , odrediti i skicirati značajni dio spektra FM signala (smatrati $p=1$).



b) Ako se maksimalna devijacija učestanosti FM signala smanji pet puta, a maksimalna učestanost modulišućeg signala ostane nepromijenjena skicirati spektar FM signala.



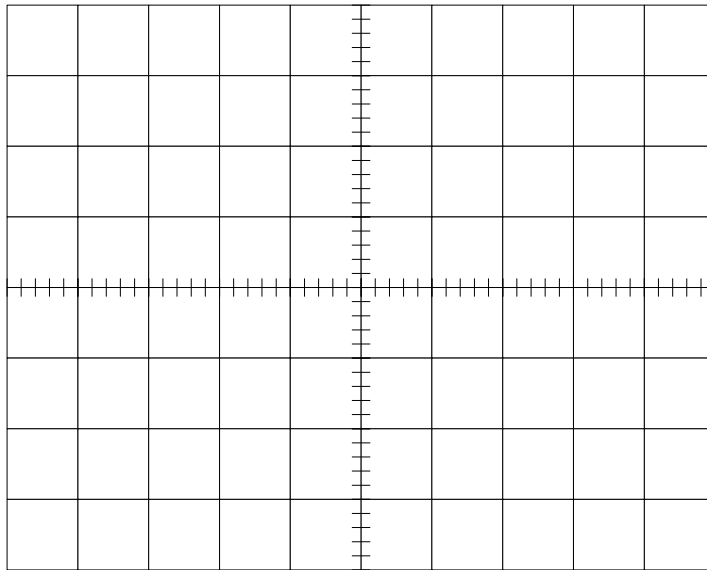
c) Ako maksimalna devijacija učestanosti FM signala ostane ista kao u 1a), a maksimalna učestanost modulišućeg signala je 92,5kHz skicirati spektar FM signala.



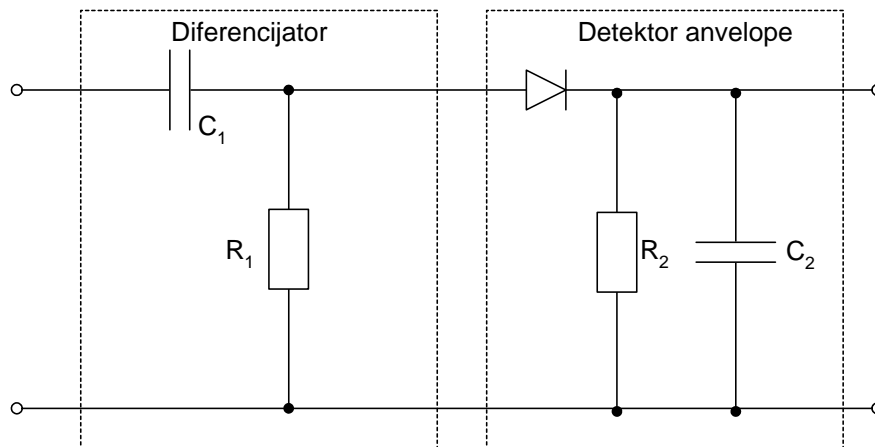
Komentar:

Praktični dio vježbe:

2) Generisati periodičnu povorku pravougaonih impulsa periode 1 ms. Postaviti BNC T račvu na 50 Ω izlaz generatora funkcija (*Output*) i povezati ga 50 Ω koaksijalnim kablom na oba kraja završenim BNC konektorima na kanal A osciloskopa sa jedne strane i istovremeno sa NF ulazom signal generatora (*Mod input/output*) sa druge strane. Izabрати eksterni modulišućí signal za signal generator, tj. opciju *EXT AC*. Parametre signal generatora podesiti tako da je učestanost nosioca 250kHz, maksimalna devijacija učestanosti 100kHz i nivo izlaznog signala 10dBm. Na RF izlaz signal generatora postaviti N konektor sa prelazom na BNC i 50 Ω koaksijalnim kablom završenim BNC konektorima izvršiti povezivanje na kanal B osciloskopa. Snimiti na istom dijagramu vremenski oblik modulišućeg i modulisanog signala.

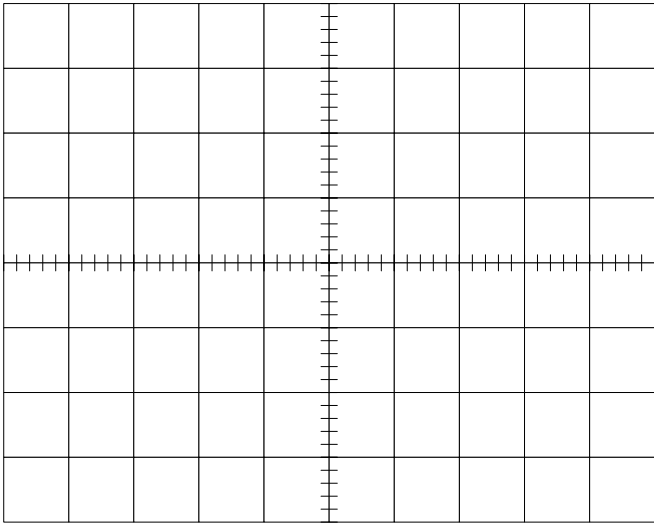
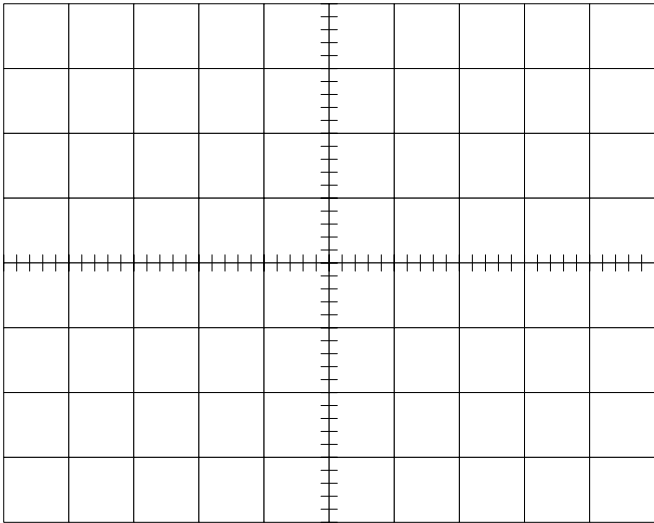
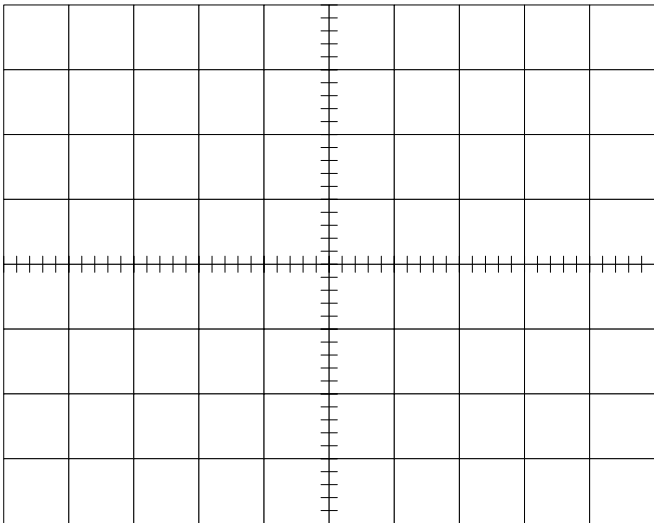


3) Izvršiti povezivanje prema slici 3.1.



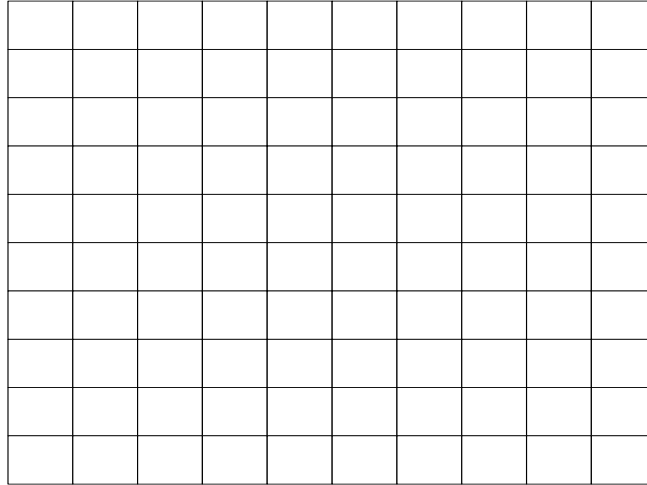
Slika 3.1

4) Na ulaz kola sa slike 3.1 povezati RF izlaz signal generatora. Podesiti $C_1=1000\text{pF}$, $R_1=470\Omega$, $C_2=33\text{nF}$, $R_2=680\Omega$. Snimiti vremenske oblike modulišućeg i signala na izlazu detektora, ako je modulišući signal pravougaona povorka impulsa, trougaona povorka impulsa i sinusni ton, respektivno.

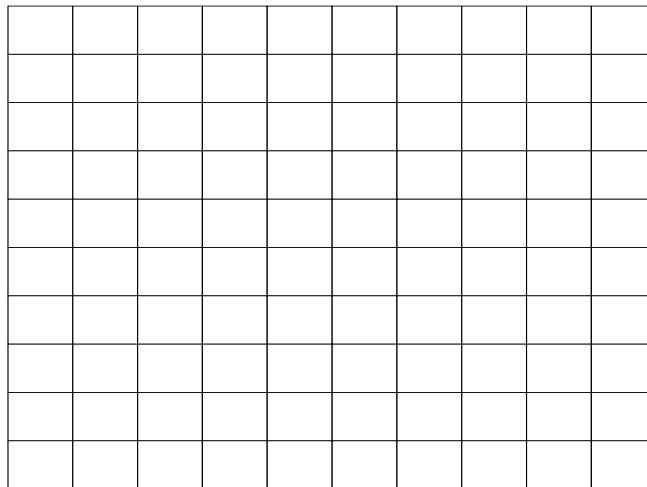


5) Generisati sinusni modulišući signal učestanosti 50kHz generatorom funkcija. Parametre signal generatora podesiti tako da je učestanost nosioca 500kHz, maksimalna devijacija učestanosti 50kHz i nivo izlaznog signala 10dBm. RF izlaz signal generatora povezati 50 Ω koaksijalnim kablom na ulaz analizatora spektra na koji je prethodno posatavljen N konektor. Na analizatoru spektra pomoću menija "*Frequency Channel*" podesiti start frekvenciju na 300kHz, stop frekvenciju na 700kHz i pomoću menija "*Amplitude Y scale*" odabrati linearnu skalu.

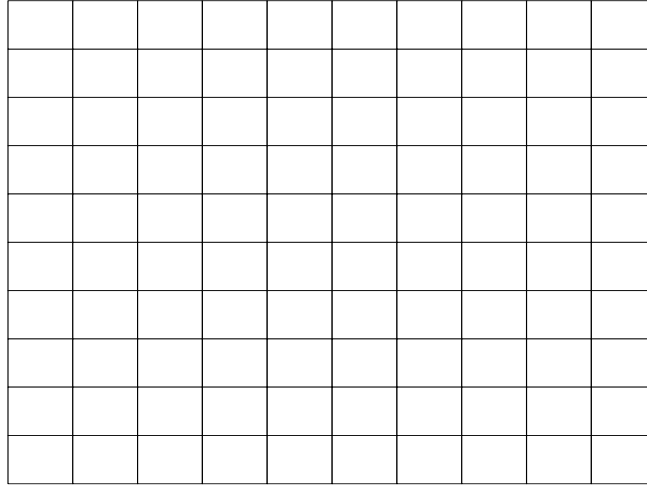
- a) Snimiti amplitudski spektar tako dobijenog FM signala i uporediti ga sa rezultatom iz tačke 1a).



- b) Ako se maksimalna devijacija učestanosti FM signala smanji pet puta, a maksimalna učestanost modulišućeg signala ostane nepromijenjena, skicirati spektar FM signala i uporediti sa rezultatom iz tačke 1b).



- c) Ako maksimalna devijacija učestanosti FM signala ostane ista kao pod 5a), a maksimalna učestanost modulišućeg signala je 92,5kHz, skicirati spektar FM signala i uporediti sa rezultatom iz tačke 1c).



Komentar:

4. ZAKLJUČAK