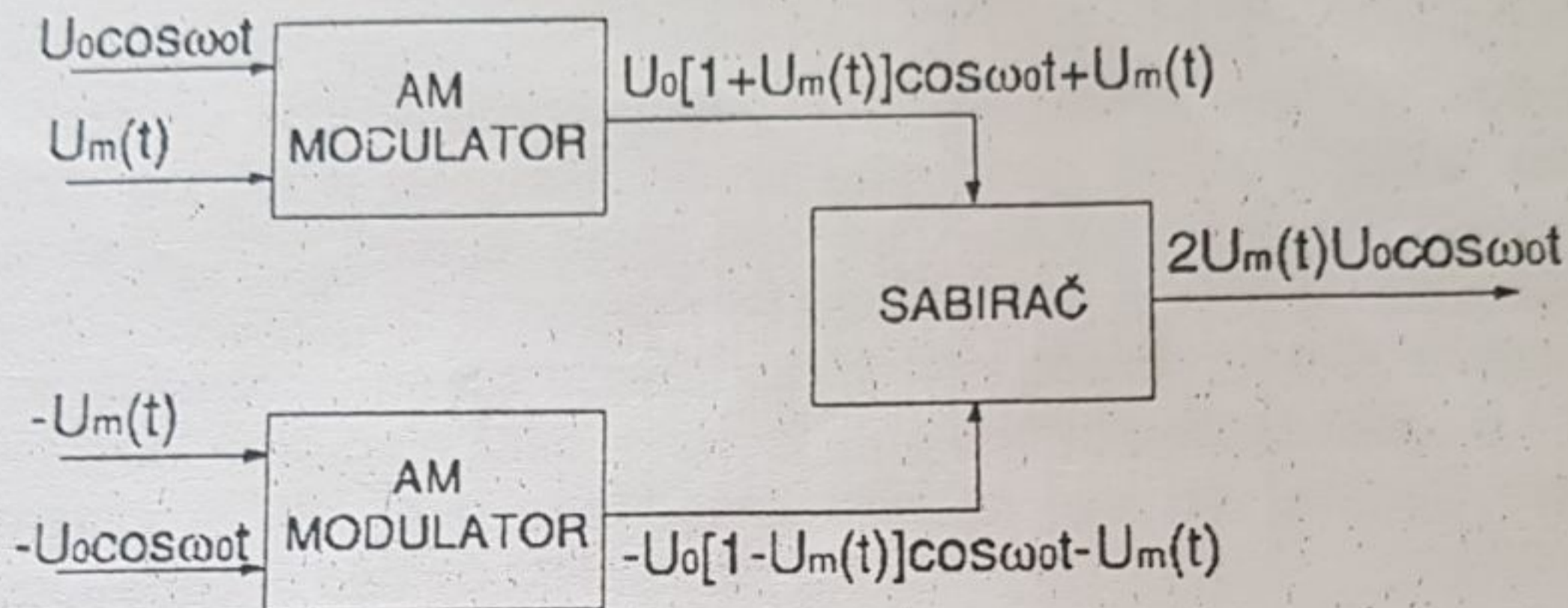


4.5 BALANSNI MODULATOR

Blok šema balansnog modulatora sa dva amplitudna modulatora i sabiračem prikazana je na slici 4.7. U jedan modulator dovode se modulišući i noseći signal sa nekom referentnom fazom φ . U drugi modulator dovode se isti signali ali pomaknuti u odnosu na referentnu fazu za π .



Sl. 4.7 Blok šema balansnog modulatora

AM modulatori su u suštini množači na koje se dovode modulišući signal $u_m(t)$ i noseći $U_0 \cos \omega_0 t$. Pod pretpostavkom da je $\varphi=0$ signali na izlazu pojedinih modulatora bili bi:

$$u_1(t) = U_0[1 + u_m(t)] \cdot \cos \omega_0 t + u_m(t) \quad 4.11$$

odnosno,

$$u_2(t) = -U_0[1 - u_m(t)] \cdot \cos \omega_0 t - u_m(t) \quad 4.12$$

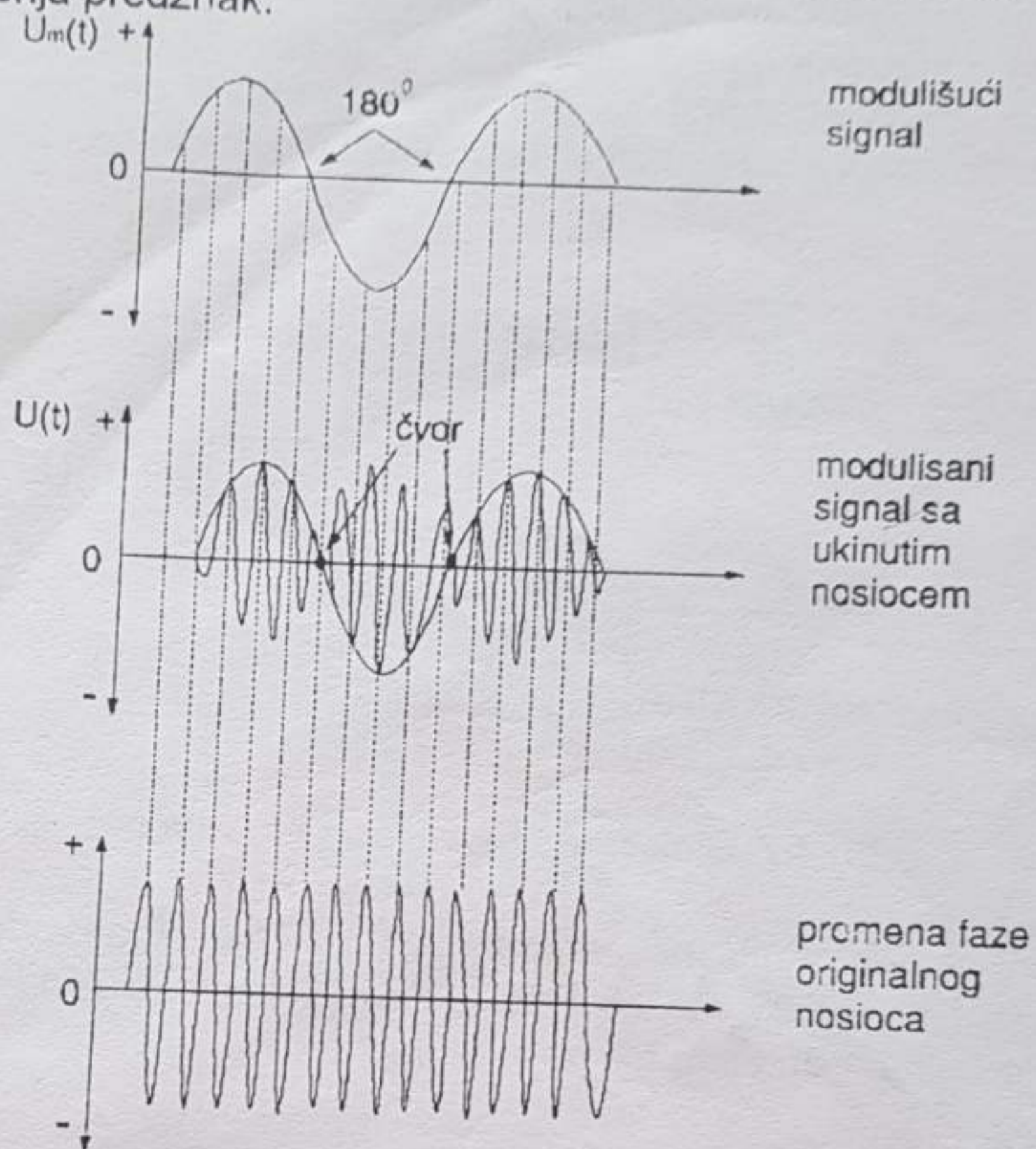
Sabiranjem signala dobija se:

$$u_1(t) + u_2(t) = 2U_0 u_m(t) \cos \omega_0 t = S(t) \cos \omega_0 t \quad 4.13$$

Izraz 4.13 može da se napiše i u obliku izraza 4.10. Ako bi uzeli da je modulišući signal $u_m(t) = U_m \cos \omega_m t$, to znači da na izlazu ovako formirane šeme dobijamo signal tipa AM-2BO.

Tok vremenske funkcije amplitudno modulisanog signala bez noseće učestanosti dat je na sl.4.8. U dijagramu je kao modulišuća funkcija signal sinusoidalnog oblika. Anvelopa modulisanog signala (pozitivna i negativna) imaju oblik dvostruko ispravljene (komutirane) modulišuće učestanosti (sinusoide).

U svakoj nuli (čvoru) anvelope nastaju skokovi u fazi visokofrekventnih oscilacija za 180° zbog toga što faktor $kU_m U_0 \sin(\omega_m t)$ naglo menja predznak.



S. 4.8 Vremenski dijagram AM signala bez noseće učestanosti

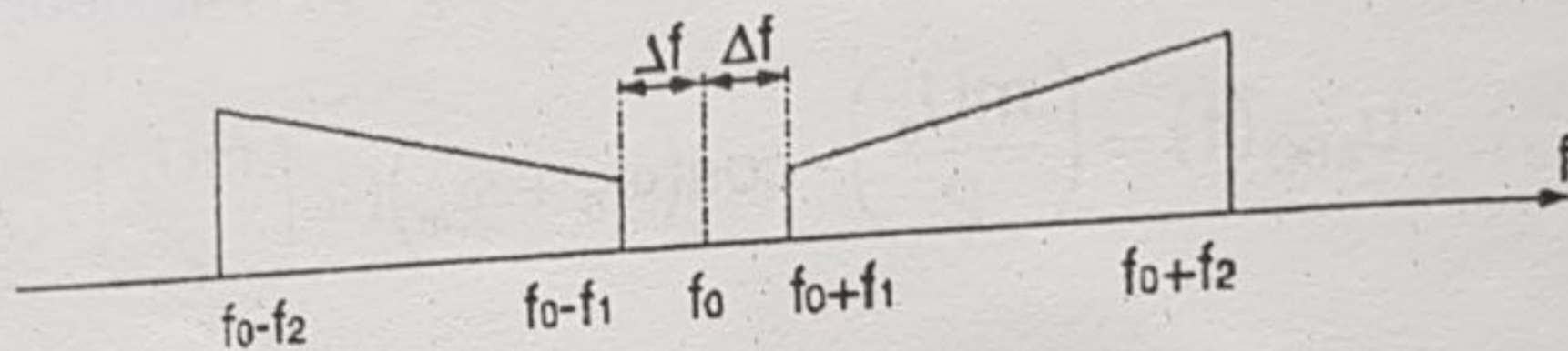
Ovaj oblik amplitudno modulisanog talasa ima beskonačan stepen amplitudne modulacije m_{2BO} što je i potpuno razumljivo, s obzirom da smo ukinuli noseći talas: vezujući se za jed. 4.9 i jed. 4.10 imali bi : $m_{2BO} = mU_0/0 = \infty$.

Treba paziti da se stepen modulacije „m,, normalnog amplitudno-modulisanog talasa ne zamenjuje sa ekvivalentnim stepenom modulacije amplitudno-modulisanog talasa bez noseće učestanosti, jer su to različite potpuno nezavisne veličine.

Za generisanje AM-2BO signala postoje više vrsta balansnih modulatora, a krajnji cilj je dobijanje 2BO, ukidanje noseće učestanosti i stvaranje što manje parazitnih produkata. Pored pomenutog modulatora poznati su tzv. balansni prekidački modulatori rednog i paralelnog tipa, kružni ili ring modulatori itd. Primena BM je u televiziji, telegrafiji, telefoniji. Naročito je za telefoniju, kada se radi o multipleksu, pogodan kružni modulator, jer je ekonomičan i sa malo parazitnih produkata.

4.6 AMPLITUDNA MODULACIJA SA JEDNIM BOČNIM OPSEGOM - (AM-1BO)

Još pri analizi spektra AM signala konvencionalnog tipa, pomenuli smo da se prenošena informacija nalazi u oba bočna opsega, takođe znamo da nosilac ne nosi nikakvu informaciju. To je dovoljan razlog da se za prenos poruke koristi samo jedan bočni opseg (GBO ili DBO). Međutim ako posmatramo spektar AM-2BO dat na sl.4.9 i ako se radi o relativno visokim nosećim učestanostima, što je redovan slučaj kod frekvencijskog multipleksa, onda problem razdvajanja samo jednog bočnog opsega nije tako jednostavan.



Sl.4.9 - Spektar AM signala sa dva bočna opsega

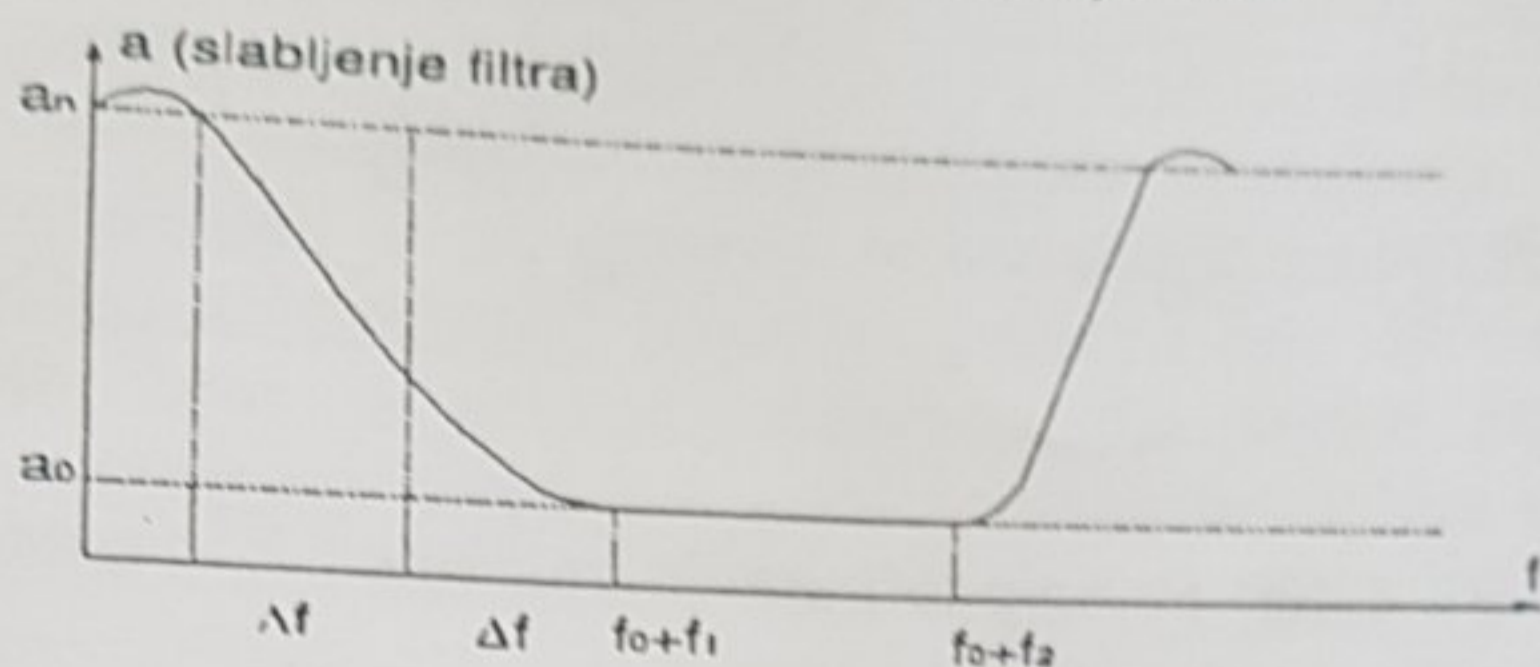
Položaj noseće učestanosti f_0 dat je na dijagramu crtkano, jer smo pretpostavili da je modulacija obavljena u balansnom modulatoru. Rastojanje između bočnih opsega je:

$$2\Delta f = (f_0 + f_1) - (f_0 - f_1) = 2f_1 \quad 4.14$$

Ako je modulišući signal, govorni signal, čiji je spektar kada se radi o telefoniji (300 - 3400) Hz, onda je $f_1 = 300$ Hz, $f_2 = 3400$ Hz pa je $2\Delta f = 600$ Hz. Ako hoćemo da izdvojimo samo gornji opseg onda se mora obezbediti kvalitetan filter tj. filter koji ima dovoljno veliku dobrotu (kufaktor - Q). Faktor dobrote definiše se slično kao kod oscilatornih kola, kao odnos srednje učestanosti i širine boka karakteristike slabljenja filtra : $Q = f_0 / 2\Delta f$.

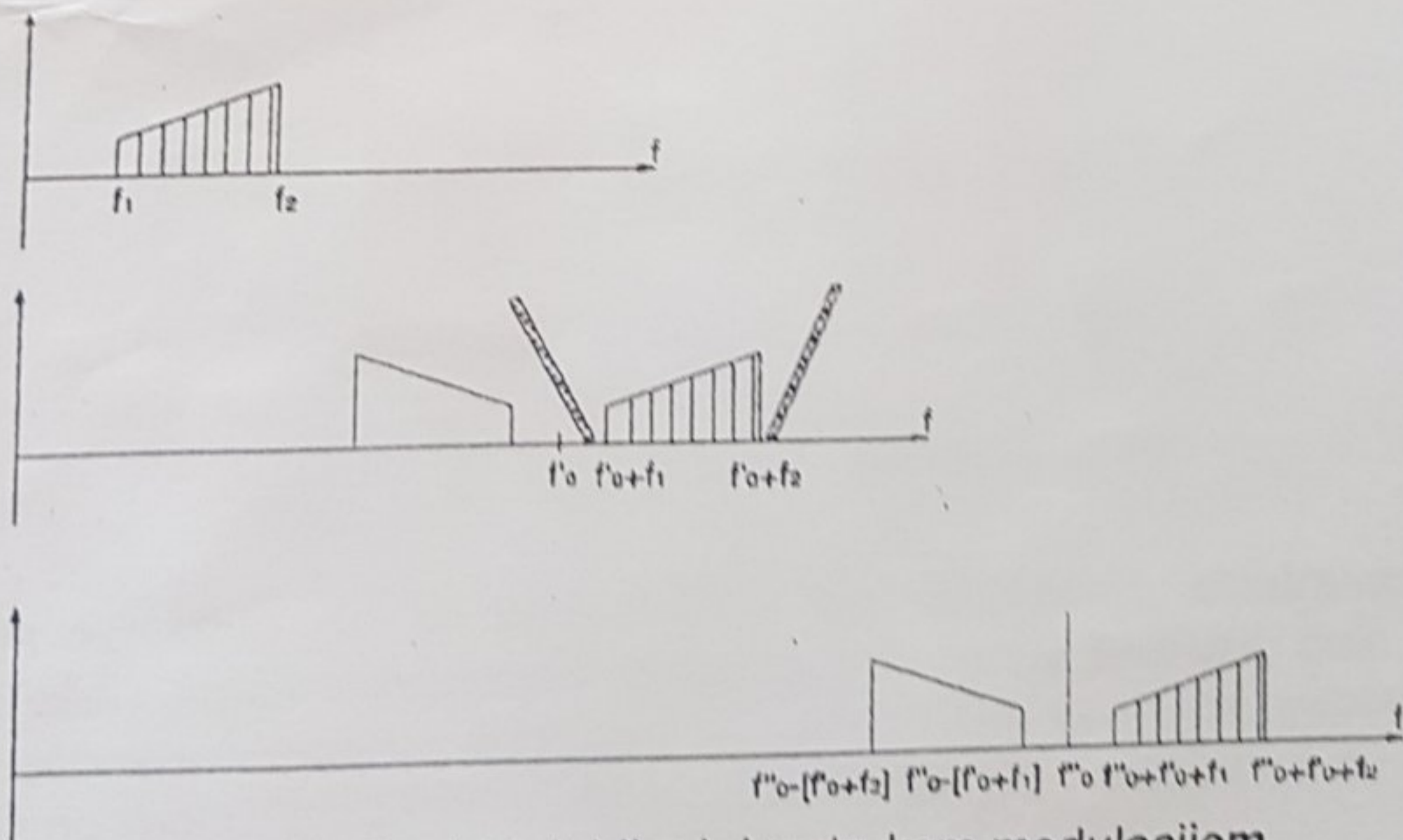
Pretpostavimo li da govorni spektar treba da moduliše relativno visoku noseću učestanost $f_0 = 150$ KHz, onda bi faktor dobrote trebao

da bude : $Q = 150 \cdot \frac{10^3}{600} = 250$, što znači da bi ovo bio vrlo skup filter.
 Strmina krive $a(f)$ je takođe funkcija dobrote i određuje moć selekcije filtra i njegov kvalitet. Na sl.4.10 data je kriva slabljenja filtra.



Sl. 4.10 - Karakteristika slabljenja filtra

Na nižim učestanostima $f_0 < 30$ KHz mogu se ostvariti strmine od oko 120dB/KHz, međutim, kako idemo ka višim gubici rastu, dobijamo sve manje vrednosti i nastaju sve veće teškoće u izgradnji. Često se na bazi čistog ekonomsko-tehničkog kompromisa usvaja znatno manja vrednost dobrote filtra Q (najčešće oko 10), pa se onda vrši tzv. višestruka modulacija. Modulišući signal sa spektrom (f_1+f_2) , moduliše jedan pomoćni nosilac $f'_0 \leq 2f_1N$, ($N \approx 10$), koji je relativno nizak, i jednostavnim filtrom izdvoji jedan bočni opseg, a zatim se sada ovim signalom, čiji je spektar u opsegu $(f'_0 + f_1 + f'_0 + f_2)$, moduliše druga noseća koja je data kao $f''_0 = 2 \cdot (f'_0 + f_1)N$. Ovo je prikazano i grafički na sl. 4.11 u proizvoljnoj razmeri.



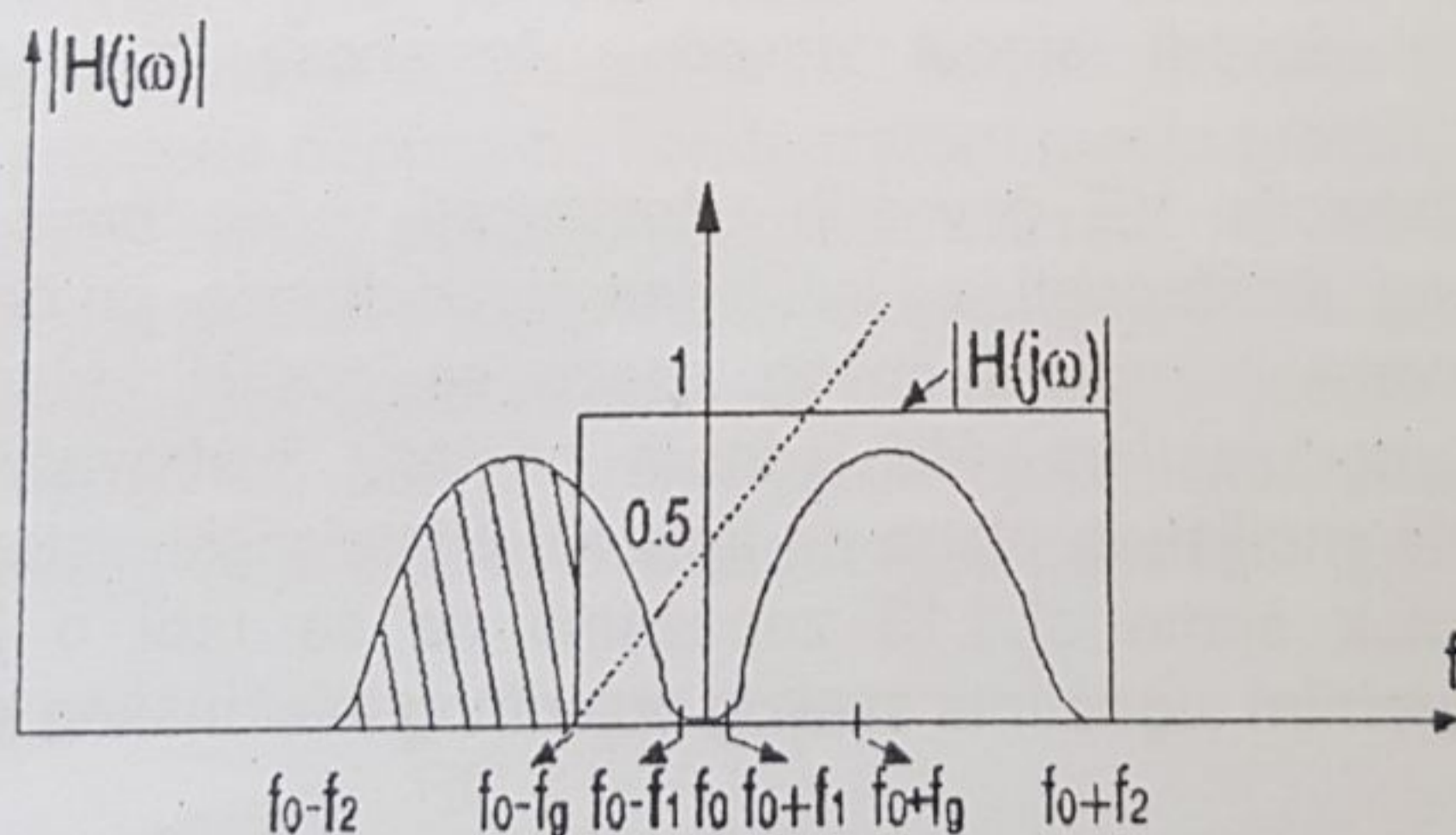
Sl. 4.11 Spektri dobijeni dvostrukom modulacijom

Iz slike se vidi, da je sada opseg (ili razmak) između gornjeg i donjeg bočnog opsega $2(f'_0 + f_1)$ tako da, iako se radi na relativno visokim učestanostima, možemo napraviti filter, jer su zahtevi o strmini filtra znatno blaži.

4.7 AMPLITUDNA MODULACIJA SA NESIMETRIČNIM BOČNIM OPSEZIMA AM-NBO

Kada se radi o prenosu zvuka ili govora u telefoniji, odnosno određenih poruka u telegrafiji, širina potrebnog frekventijskog opsega (kanala) je znatno manja nego ako se radi o prenosu, na primer, televizijskog signala, čiji je spektar od učestanosti f_1 koja je reda desetaka herca, pa čak i niže, pa do učestanosti f_2 koja ide do 5MHz. Pošto se u televiziji signal crno-bele slike, prenosi amplitudnom modulacijom - KAM, a informacija o slici je u oba bočna opsega ista, za prenos ovakvog signala potrebno je oko 10 MHz širine kanala.

Radi uštede u spektru prenosi se, jedan ceo i deo drugog bočnog opsega, jer pošto se radi sa vrlo niskim modulišućim učestanostima $f_1=10$ Hz, razmak između opsega je $2\Delta f=20$ Hz, pa je nemoguće preneti samo jedan bočni opseg i noseći talas, a odstraniti drugi bočni opseg. Zato se u praksi vrši tzv. nesimetrični prenos tj. amplitudska karakteristika filtra iza modulatora KAM signala je takvog oblika da propušta deo donjeg bočnog opsega, noseći talas i čitav gornji bočni opseg kao što se vidi na sl. 4.12.



Sl.4.12 Oblik amplitudske karakteristike filtera za dobijanje AM signala sa nesimetričnim bočnim opsegom

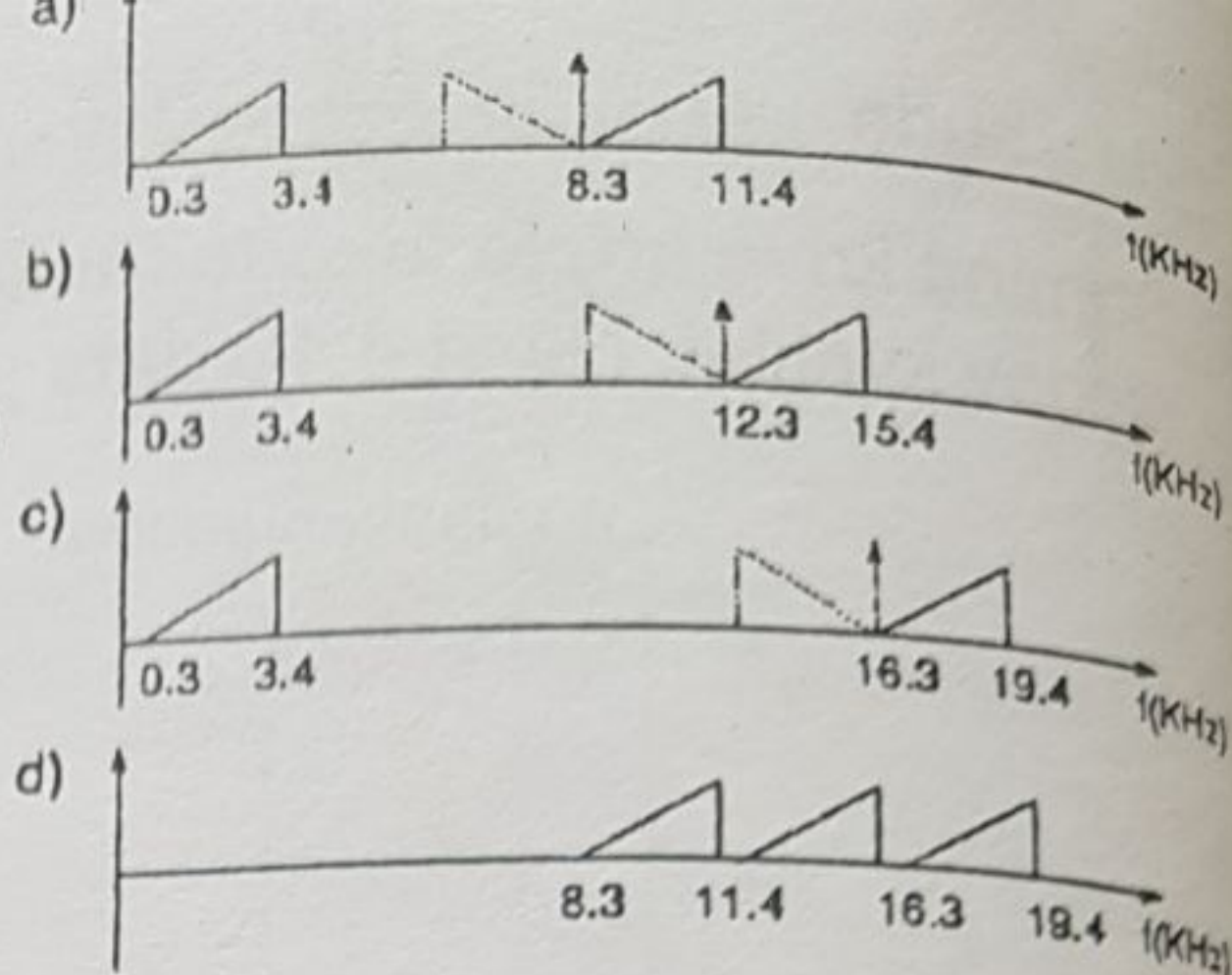
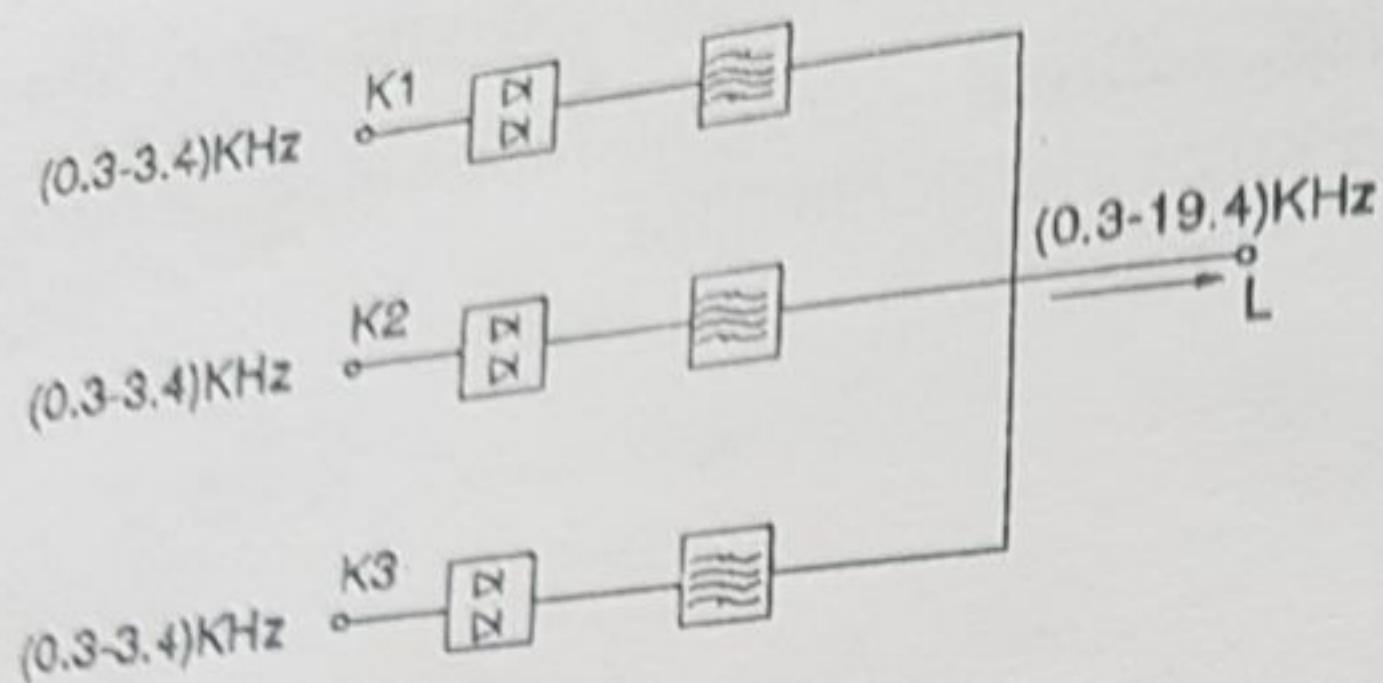
Ako posmatramo dijagram na slici uočavamo da je prenošeni opseg od $(f_0-f_g) \div (f_0+f_2)$. Često se uzima (u televiziji) da je granična učestanost na

donjem kraju spektra $f_g = 1/4f_2$, pa se dobija da je propusni opseg sistema, odnosno $B = 1,25f_2$, umesto $2f_2$ kada bi prenosili oba bočna opsega, koliko zahteva signal tipa KAM. Zahvaljujući nesimetričnom prenosu izgradnja filtra na strani predaje nije kritična. Oblik karakteristike filtra na gornjoj slici je idealizovan, a i ako bi bio takav, naglo slabljenje filtra unosilo bi veliki stepen faznih izobličenja u domenu nižnih učestanosti. Da bi se obezbedila ravnomerna detekcija, koja je bitna kada se radi o slici, moguće je napraviti filter koji će svojom kosinom smanjiti amplitudu nosioca za polovinu svoje nominalne vrednosti, a karakteristika slabljenja filtra je pri tome neparna funkcija u odnosu na noseću učestanost f_0 , u opsegu $(f_0 - f_g) \div (f_0 + f_g)$.

4.8 VIŠESTRUKO ISKORIŠĆENJE VEZE-SISTEM FDM

Frekvencijsko multipleksiranje je jedan od načina prenosa više telefonskih kanala na bazi analogne AM. Pri tome se prenosi jedan bočni opseg iz spektra modulisanog signala, a ostalo se filtrira. Postupak transpozicije učestanosti pojedinih kanala iz njihovog prirodnog spektra u određeni frekvencijski položaj na skali učestanosti, obradjivan je u svim vrstama AM, ali su sa gledišta parazitnih produkata modulacije najpogodniji kružni modulatori. Na izlazu ovakvog modulatora dobijaju se dva bočna opsega bez noseće učestanosti, pošto je za prenos dovoljno zadržati samo jedan, drugi se odstranjuje filtrom propusnikom opsega. Pošto se prenos vrši bez noseće učestanosti, na mestu prijema se demodulatoru dovodi signal noseće učestanosti iz odgovarajućeg oscilatora.

Transpozicija NF govornih učestanosti većeg broja telefonskih kanala u opseg učestanosti koji leži jedan pored drugog, pri čemu svakom kanalu odgovara određeni opseg, može se postići jednostrukom ili višestrukum modulacijom. Na jednom primeru ilustrovaćemo princip formiranja frekvencijskog plana na trokanalni telefonski sistem, na strani predaje. Iz blok šeme sl.4.13 zapažamo da se radi o jednostrukoj modulaciji govornim signalima svakog pojedinog telefonskog kanala.



Sl. 4.13 Princip formiranja frekvencijskog plana

Modulatori su balansnog tipa, a spektar učestanosti dobijen modulacijom propušta se kroz kanalski filter na čijem se izlazu dobija željeni bočni opseg. Razmak između dve susedne noseće učestanosti uzima se 4KHz što omogućava prenos govornih učestanosti od 300 Hz do 3400 Hz. Ovako dobijeni bočni opsezi mogu sada sa se skupe u jedan multipleksni signal i dalje zajednički prenose. Na mestu prijema frekvencijskih opsezi pojedinih kanala odvajaju se od ostalih kanala filtrom potpuno istim kao na mestu predaje i dovode demodulatorima. Na sl.4.13d dat je frekvencijski plan trokanalnog multipleksnog sistema sa frekvencijskom raspodelom kanala. Multipleksni signal sastavljen od velikog broja telefonskih kanala obrazuje se najčešće sa višestrukom modulacijom.

Skraćenica: FDM - Frequency Division Multiplex