

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O‘RTA MAXSUS
TA‘LIM VAZIRLIGI**

**ABU RAYHON BERUNIY NOMIDAGI TOSHKENT DAVLAT
TEXNIKA UNIVERSITETI**

**RADIOSIGNALLARNI UZATUVCHI
QURILMALAR**

fanidan ma’ruza mashg‘ulotlari uchun mo‘ljallangan
o‘quv-uslubiy qo‘llanma, II-қисм

Toshkent - 2015

UDK 621.396.61

Tuzuvchi: Tojiyev A. A. Radiosignallarni uzatuvchi qurilmalar fanidan o'quv - uslubiy qo'llanma. – Toshkent, ToshDTU, 2015, 100 bet.

Ushbu o'quv - uslubiy qo'llanma 5350700 – Radioelektron qurilmalar va tizimlar (tarmoqlar bo'yicha) hamda 5111000 – Kasb ta'limi (Radioelektron qurilmalar va tizimlar) yo'nalishi talabalari uchun mo'ljallangan bo'lib, unda tashuvchi radiosignallarni ishlab beruvchi kvarsli avtogeneratorlar, chastota sintezatorlari, optik tolali aloqa tizimi va ularning prinsipial shemalari hamda modulyatsiy jarayoni haqida asosiy nazariy ma'lumotlar keltirilgan.

O'quv – uslubiy qo'llanma IV bosqichning VIII semestrda o'tiladigan ma'ruza materiallariga asoslanib tuzilgan va talabalarning mustaqil ravishda bilimlarini osirish uchun mo'ljallangan.

Abu Rayhon Beruniy nomidagi Toshkent Davlat texnika universitetining ilmiy-uslubiy kengashi qarori bilan chop etildi.

Taqrizchilar: t.f.n. F. F. Umarov - TTYTMI dotsenti

t.f.n. D. A. Davronbekov – TATU dotsenti

t.f.n. SH. A. Mavlonov – TDTU lotsenti

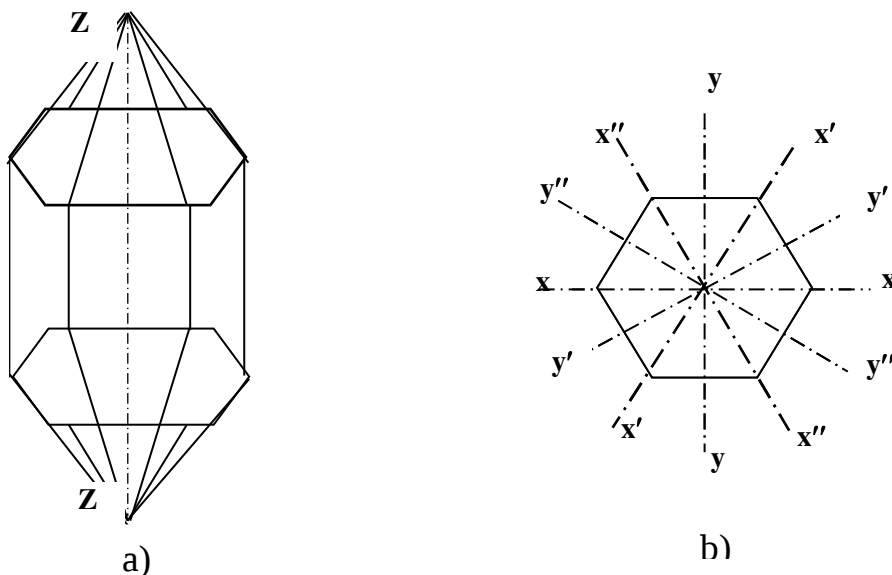
© Toshkent davlat texnika universiteti, 2015

1. KVARS TEBRANTIRGICHI ASOSIDA ISHLAYDIGAN AVTOGENERATORLAR

1.1 Kvars tebrantirgichlarining xususiyatlari

Chastota turg'unligi yuqori bo'lgan AG ni (avtogeneratori) konstruksiya qilish uchun tebranish konturini saxiyligi Q katta bo'lishi kerak. Oddiy tebranish konturlari (LC) ning saxiyligi eng yaxshi holda $Q=250-300$ ni tashkil etadi va bu kontur yordamida chastota turg'unligi $\Delta f/f = 10^{-2} - 10^{-3}$ bo'lgan radioto'lqinlarini olish mumkin. $\Delta f/f$ qiymatini bundan yuqoriroq olish uchun kvars tebrantirgichlari asosida ishlaydigan tebranish konturi ishlatish kerak. Kvars tebrantirgichlari tabiiy yoki sun'iy o'stirilgan kristallardan tayyorlanadi. Bunday kristallar pyezoelektrik xususiyatga egadirlar, ular jumlasiga kvars kiradi. Uning kimyoviy formulasi SiO_2 . Bu kristallar olti qirrali prizmani eslatadi 1.1-rasm.

Kvars anizotropik xususiyatga ega. Uning asosiy parametrlari kristallografik o'qlari yo'nalishiga bog'liqdir. Kvarsni bitta optik ZZ , uchta mexanik o'qlari YY , uchta elektrik o'qlari XX mavjud. Kvars kristallaridan tebrantirgich tayyorlash uchun to'g'riturtburchak yoki doira shaklida plastina qirqiladi.



1.1rasm. Kvars kristallini ko'rinishi:

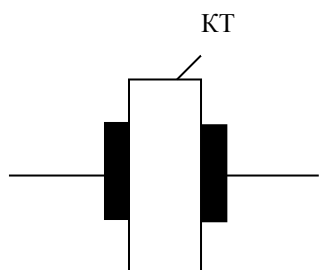
a-kvars plastinkasini ko'rinishi; b-kondalang kesimi

Kvars tebrantirgichini konstruksiyasi

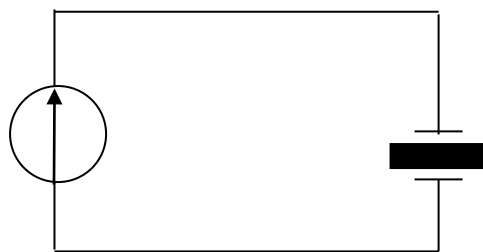
Bu plastinalar simmetriya o'qi bo'yicha yo'nalgan bo'ladi. Kristallografik o'qlar yo'nalishi tebrantirgichni xarakteristikalariga katta ta'sir ko'rsatadi, ayniqsa, chastotaning harorat koeffitsiyentiga (TKCH). Kristallografik o'qlari yo'nalishi bo'yicha o'tgan chiziq kesish chizig'i deyiladi.

Kvars tebrantirgichini konstruksiyasi yassi kondensatornikiga o'xshaydi. KT kvars plastinasidan va unga biriktirilgan ikkita metall kontakdan iborat. Kontakt sifatida kumush qatlami yoki mis suriladi yoki porlantirish usuli bilan qatlam hosil qilinadi 1.2- rasm.

Kvars plastinasi ana shu kontaktlari bilan germetik idishga solinadi. Kvars sxemaga ulanganda unga ta'sir etayotgan doimiy kuchlanish (U) kvars plastinasini deformatsiya qiladi. Deformatsiya maydon kuchlanganligiga proporsional bo'ladi. Deformatsiya ta'sirida plastinalarni o'lchami o'zgaradi. Bu esa uning kontaktlarida elektr zaryadlarini paydo bo'lishiga olib keladi. Plastina deformatsiyalanishi va uni natijasida zaryad paydo bo'lish to'g'ri va teskari pyezo hodisasidir. Agar tebrantirgichga o'zgaruvchan kuchlanish ulansa, uni elektrodlaridagi zaryad o'zgarishi zanjirda qo'shimcha tok hosil qiladi.



1.2-rasm. Kvars tebrantirgichni konstruksiyasi.



1.3-rasm. Garmonik kuchlanish Ta'sirida ishlaydigan kvars tebrantirgich sxemasi.

Bu qo'shimcha tokdan tashqari kvars plastinasidan asosiy tok xuddi sig'imdan o'tayotgan tok kabi oqib o'tadi(1.3- rasm). Ya'ni tok ikki qismdan iborat bo'ladi.

$$I_{kv}=j\omega C_0+j_{pz}(\omega)$$

O'zgaruvchan kuchlanish chastotasi plastina tebranishi bilan mos tushganda «pyezotok» $I_{pt}(\omega)$ keskin oshib ketadi. Plastinani deformasiyasi turli bo'lishi mumkin. Bu plastinaning siqilishi yoki cho'zilishi, siljishi, burilishi va egilishi. Bu deformasiya natijasida kvars tebrantirgichida to'lqinlar paydo bo'ladi. To'lqin chastotasi asosiy garmonika chastotasiga yoki mexanik yuqori garmonikalar chastotasiga teng bo'lishi mumkin. Tebranish chastotalari deformasiya turiga va plastina qalinligiga bog'liq bo'ladi va quyidagicha aniqlanadi.

$$F_{kv}=k_f/d$$

d – plastina qalinligi, mm; k_f – chastota koeffitsiyenti $k_f = 1.7-3.5$ MGs.

Chastotani oshirish uchun plastina qalinligini kamaytirish kerak. Sanoatda ishlab chiqarilayotgan tebrantirgichlar plastinasining qalinligi $d=0,2-0,3$ mm ni tashkil etadi. Bunday tebrantirgichlarni asosiy garmonikasida chastota $f = 15-30$ MGs dan oshmaydi. Bunday yuqori chastotalar olish uchun yuqori garmonikalarda ishlash kerak bo'ladi.

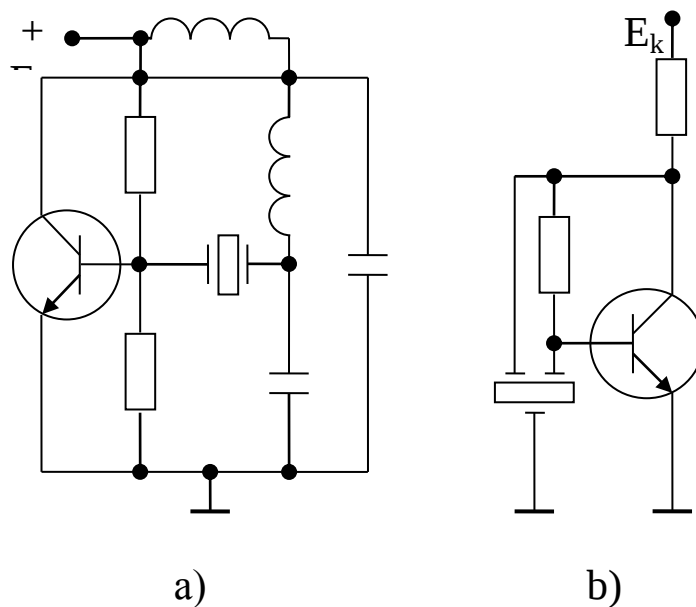
1.2 Kvars tebrantirgichni parametrlari

Kvars tebrantirgichlarni saxiyligi (Q) juda yuqori bo'lib 10^5-10^6 ni tashkil etadi. 3 va 5 shinchi garmonikalarida ishlaganda kvars tebrantirgichini saxiyligi deyarli o'zgarmaydi va 7 ni garmonikadan boshlab saxiylik biroz kamayadi.

Chastotani harorat koeffitsiyenti (CHXK) muhit haroratiga bog'liq bo'ladi va $-60 - +100^\circ\text{C}$ harorat oralig'ida $\pm(100-200) \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ qiymatlarga ega bo'ladi. Agar muhit harorati keng ko'lamda o'zgarib tursa, yuqori turg'unli chastotalar olish uchun kvars tebrantirgichi maxsus termostatga solinadi va bu termostatni harorati avtomatik ravishda $10^{-2} - 10^{-3}$ aniqlik bilan doimiy qilib turiladi. Kvars tebrantirgichlari eskirish xususiyatiga ega, ya'ni bir necha oy ishlagandan keyin uni chastotasi o'zgaradi, odatda kamayadi. Kvars plastinasiga qo'yilgan quvvatni oshishi eskirish xodisasini tezlashtiradi. Bu esa ishlab chiqarishda tebrantirgichni «trenirovka» qilish imkonini beradi. Ammo kvars tebrantirgichi AG sxemasiga ulanganda, unga qo'yilgan quvvat plastina hujjatida ko'rsatilgan quvvatdan oshishi kerak emas, aks holda kvars tebrantirgichi ishdan chiqishi mumkin.

(Elektrodlari ko‘chib ketishi mumkin, plastina elektr jihatdan izolyasiyatsini yo‘qotish mumkin. Kvarsli rezinatorning geometrik o‘lchamlari, tebranish turi va plastinaning kesish turi bo‘yicha uning asosiy parametrlari ketma–ket rezonans chastotasi ω_{kv} , asllik Q , sig‘imlar nisbati C_k/C_0 , chastotaviy harorat koeffitsiyenti $CHXK_{kv}$ va ruxsat etiladigan quvvat tarqalishi aniqlanadi.

Kvarsli rezonatorlarda avtotebranishlar fazaviy xarakteristikada qiyalikning yuqori qiymatiga mos keladigan chastotada, ya’ni ω_{kv} yoki ω_p yaqinida bo‘ladi. ω_{kv} chastotada qo‘zg‘atishli va kvarsli rezonatori teskari aloqa zanjiriga kiritilgan sxema keng qo‘llaniladi. Kvarsli avtogeneratorning bunday sxemasi 1.4a–rasmda keltirilgan. 1.4b–rasmda integral turidagi kvarsli avtogenerator sxemasi keltirilgan.

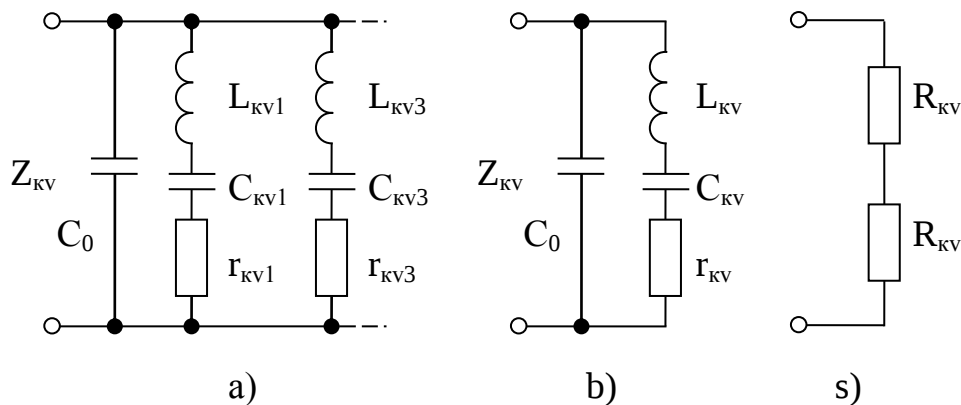


1.4-rasm. Kvars tebrantirgichli avtogenerator sxemalari:
a- kvars rezonatori teskari aloqa zanjiriga kiritilgan sxema; b- integral turidagi kvarsli avtogenerator sxemasi.

1.3. Kvars tebrantirgichlarining ekvivalent sxemalari

Kvars tebrantirgichining elektr zanjiridagi ishlash usuli ekvivalent sxema yordamida tushuntiriladi. Tebrantirgichni ekvivalent sxemasi parallel ulangan statik sig‘im C_0 va ketma-ket ulangan cheksiz konturlardan iborat. Ketma-ket kontur ba’zi hollarda tebrantirgichning dinamik tarmoqlari ham deb ataladi. Bular tarkibiga kvars plastinasining

elementlari L_{kvn} , C_{kvn} , Z_{kvn} lar kiradi. ($n=1,3,5,\dots\infty$). Dinamik tarmoqning asosiy vazifasi tebrantirgich pyezotokining chastotaga bog'liqligini rezonans chastota yaqinida modellashtirishdir. Statik sig'im C_0 tarkibiga kvars plastinasining va unga ulangan kontakt simlarning sig'imi kiradi. Kvars tebrantirgichining ekvivalent sxemasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi 1.5- rasm.



1.5- rasm. Kvars tebrantirgichini ekvivalent sxemasi:

a) to'liq, b) bitta rezonans chastota uchun, s) ketma-ket almashtirish

Statik sig'im qiymati ko'p hollarda $C_0=3-10$ pF bo'ladi. Dinamik tarmoqdagi induktivlik L_{kvn} va sig'im C_{kvn} kvars plastinasining elastik va inersion xususiyatlarini belgilab beradi. Plastinaning aktiv qarshiligi r_{kvn} esa, plastinada bo'layotgan energiya sarflanishini belgilaydi. Dinamik tarmoqdagi induktivlik L_{kvn} , sig'im C_{kvn} va qarshilik r_{kvn} oddiy konturdagi induktivlik, sig'im va qarshiliklardan keskin farq qiladi. Plastinaning induktivligi L_{kvn} oddiy induktivliklardan bir necha marta katta, sig'im S_{kvn} oddiy sig'imdan bir necha marta kichik bo'ladi. Konturni qarshiligi r_{kvn} chastotaga bog'liq bo'lib, 1-1000 Om gacha bo'lishi mumkin. Kvars konturining xarakteristik qarshiligi

$\rho_{kvn} = \left(\frac{L_{kvn}}{C_{kvn}} \right)^{1/2} = 10^5 \div 10^8$ ni tashkil etadi. Kvars tebrantirgichi konturining saxiyligi juda katta bo'ladi.

$$Q_{kvn} = \frac{\rho_{kvn}}{r_{kvn}} = 10^4 \div 10^7$$

1.4. Kvars tebrantirgichining ketma-ket va parallel rezonans chastotalari

Kvars tebrantirgichining ketma-ket konturi ketma-ket rezonans chastotasi uchun javobgardir. Bu chastota asosiy chastota bo'lib, kvars tebrantirgichining hujjatlarida ko'rsatiladi va quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

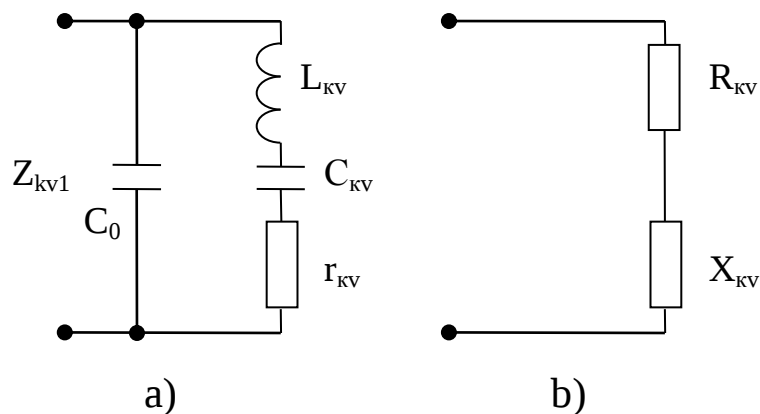
$$\omega_{kv} = 1/\sqrt{L_{kv}C_{kv}} .$$

Dinamik tarmoqdagi konturlarning saxiyligi juda katta bo'lganligi uchun, ularni bir-biriga ta'siri sust bo'ladi. Shuning uchun kvars tebrantirgichini faqat bitta garmonikasida ishlaganda ekvivalent sxemani ancha soddalashtirilgan ko'rinishidan foydalanish mumkin. Masalan, birinchi asosiy garmonika uchun ekvivalent sxema quyidagicha bo'ladi 1.5 b-rasm.

Qolgan yuqori garmonikalarni dinamik konturlari hisobga olinmaydi. Hamma turdagi tebranishlar uchun kontur sig'imi S_{kv} statik sig'im S_0 dan ancha kichkina bo'ladi, ya'ni $C_{kv}/C_0=10^{-3}-10^{-4}$ ga teng. Konturni parallel rezonans chastotasi quyidagi formuladan aniqlash mumkin:

$$\omega_p = 1/\sqrt{L_{kv} \frac{C_{kv}C_0}{C_{kv} + C_0}} = \omega_{kv} \sqrt{1 + \frac{C_{kv}}{C_0}} \approx \omega_{kv} \left(1 + \frac{C_{kv}}{2C_0}\right)$$

Kvars tebrantirgichining ulanish koeffitsiyenti juda kichkina bo'lib, $P \approx C_{kv}/C_0 \approx 10^{-3}$ ni tashkil etadi. Shuning uchun tashqi sxemaning parametrlarining o'zgaririshi ketma-ket va parallel chastota rezonanslariga deyarli ta'sir ko'rsatmaydi. Birinchi garmonika uchun tuzilgan ekvivalent sxema ketma-ket ulangan L_{kv} , C_{kv} , r_{kv} va parallel ulangan statik sig'im C_0 lardan iborat bo'ladi, 1.5 b- rasm.



1.6-rasm. Kvars tebrantirgichni bitta chastota uchun ekvivalent sxemasi:

a) - bitta rezonans chastota uchun, b) – ketma-ket almashtirish sxemasi.

1.5. Kvars tebrantirgichining kompleks qarshiligi

Kvars tebrantirgichini kompleks qarshiligini ifodasini quyidagicha yozish mumkin:

$$\frac{1}{Z_{kv}} = j\omega C_0 + \frac{1}{r_{kv} + j\omega L_{kv} \frac{1}{j\omega C_{kv}}} = j\omega C_0 + \frac{1}{r_{kv}(1+j\nu)} .$$

Bu yerda ν - ishlab berilayotgan chastota ω va ketma-ket rezonans chastota ω_{kv} orasidagi farq, ya'ni nosozlik (rasstroyka):

$$\nu = \frac{\omega_{kv} L_{kv}}{r_{kv}} \left(\frac{\omega}{\omega_{kv}} - \frac{\omega_{kv}}{\omega} \right) \approx Q_{kv} \frac{2(\omega - \omega_{kv})}{\omega_{kv}} .$$

Avtogeneratorni chastotasi odatda $\omega_{kv} < \omega < \omega_p$ oraliqda bo'ladi. Bu oraliqda $\omega^* C_0 \approx \omega_{kv} C_0$ ga teng, u holda kompleks qarshilikni quyidagicha yozish mumkin.

$$Z_{kv} \approx r_{kv}(1+j\nu) / (1-\tau_0\nu+j\tau_0) .$$

Bu yerda $\tau_0 = \omega_{kv} C_0 r_{kv}$. U holda tebrantirgichning to'liq qarshiligi ketma-ket ulangan aktiv R_{kv} va reaktiv X_{kv} qarshiliklaridan iborat bo'ladi, 1.6 b- rasm.

$$Z_{kv} = R_{kv} + jX_{kv} = r_{kv}(1 + jv)(1 - \tau_0 v + j\tau_0)^{-1}.$$

$$\text{Bu yerda: } R_{kv} = r_{kv} / [(1 - \tau_0 v)^2 + \tau_0^2]; \quad X_{kv} = R_{kv} [v(1 - \tau_0 v) - \tau_0],$$

ko'p hollarda $\tau_0 = \omega_{kv} * C_0 * r_{kv} \ll 1$ shuning uchun (19-5) ifodani maxrajidagi $\tau_0 v$ va $j\tau_0$ ni hisobga olmasa ham bo'ladi va kvars tebrantirgichni qarshiligi

$$Z_{kv} \approx r_{kv}(1 + jv); \quad R_{kv} \approx r_{kv}; \quad X_{kv} \approx v r_{kv} \quad \text{ga teng bo'ladi.}$$

Parallel rezonans chastota ω_p atrofida kvars tebrantirgichi, parallel kontur sifatida namoyon bo'ladi va quyidagi ifodalarni yozish mumkin:

$$Z_{kv} = R_{kv0} / [1 + j(v - v_p)]$$

$$R_{kv} = R_{kv0} / [1 + (v - v_p)^2]$$

$$X_{kv} = -(v - v_p) R_{kv}$$

Bu yerda: $v_p = 1/\tau$ - parallel rezonans chastotasi ω_p ni kema-ket rezonans chastota ω_{kv} ga nisbatan umumlashtirilgan nosozligi,

$R_{kv0} = r_{kv} / \tau^2 = r_{kv} / (\omega_{kv} C_0)^2$ - kvars tebrantirgichni rezonans qarshiligi.

Avtogeneratorlarda kvars tebrantirgichi induktiv qarshilik yoki ketma-ket kontur sifatida ishlatilishi mumkin.

Agar v ni qiymati $0 < v < v_p$ oraliqda bo'lsa kvars tebrantirgichini reaktiv qarshiligi induktiv xarakterga, undan katta bo'lsa $v > v_p$ sig'im xarakteriga ega bo'ladi. Tebrantirgichni bu xususiyati AG sxemalarini faqat ma'lum bir chastotada radioto'lqinlar olish uchun qo'llaniladi. Yuqorida qayd qilingan xususiyatlar turli sxemada avtogeneratorlarni yig'ishga imkon beradi. Ularni chastota turg'unligiga hozirgi zamon talablariga to'la javob beradi.

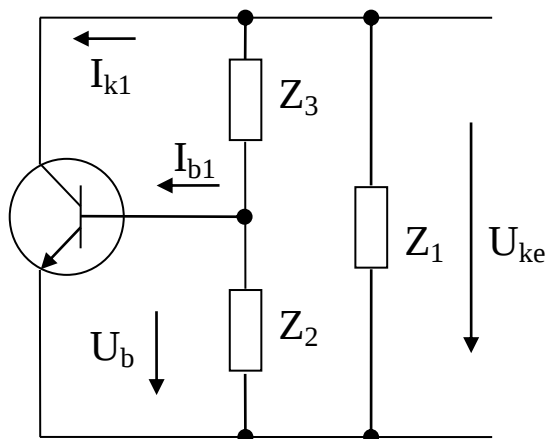
1.6. Kvars tebrantirgichlari induktiv qarshilik sifatida ishlatilgan avtogenerator sxemalari

Amalda keng ishlatiladigan kvars tebrantirgichli avtogeneratorlarni sxemalarini turi juda ko'p. Lekin shunga qaramay ularni ikki guruhga bo'lish mumkin.

1.Kvars tebrantirgichlari induktiv qarshilik sifatida ishlatilgan avtogenerator sxemalari yoki boshqacha qilib aytganda ossillyatorli sxemalar.

2.Kvars tebrantirgichlari ketma-ket induktivlik konturi sifatida ishlatilgan avtogenerator sxemalari.

Birinchi guruhdagi sxemalarda kvars tebrantirgichi, umumlashtirilgan ekvivalent sxemadagi Z_1 , Z_2 , Z_3 kompleks qarshiliklarni birortasini o'rniga qo'yiladi (1.7-rasm). Bu sxemada avtogeneratorni qo'zg'otish shartini, kvars tebrantirgichi belgilab beradi va kvars tebrantirgichi ishdan chiqsa, avtogenerator to'lqinlar ishlab bermaydi. Shuning uchun bu sxemada avtogeneratorni qo'zg'otish

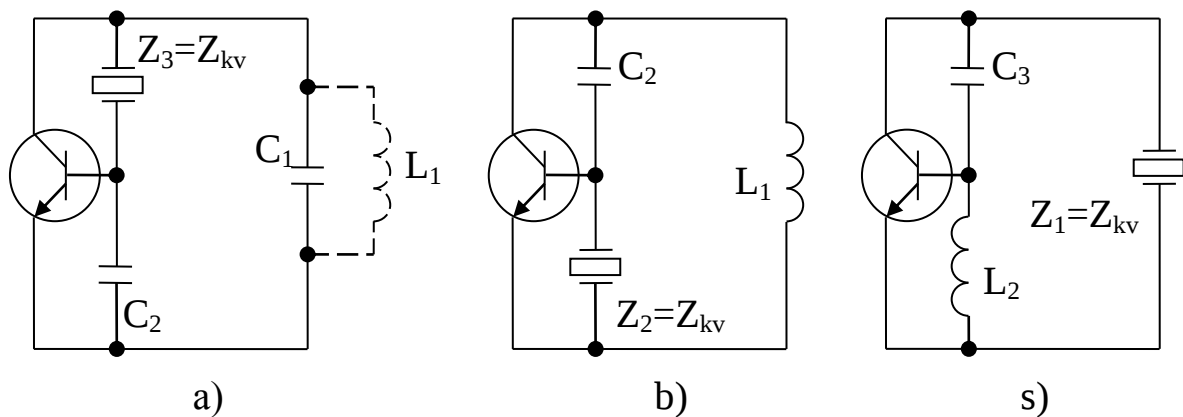


1.7-rasm. Avtogeneratorni umumlashtirilgan ekvivalent sxemasi.

sharti faqat kvars tebrantirgichini ekvivalent qarshiligi induktiv xarakterga ega bo'lgan chastotada bajarilishi kerak.

Bunday avtogeneratorlar (AG) sxemasi uch nuqtali bo'lib, ularda induktiv kontur o'rniga kvars tebrantirgichi ishlatiladi.

Sxema sig'imli uch nuqtali yoki induktiv uch nuqtali bo'lishi mumkin. Bu avtogeneratorlarni sxemasi 1.8- rasmda keltirilgan.



1.8-rasm Avtogeneratorni uch nuqtali sxemalari:

a) sigʻimli ; b) induktiv ; s) induktiv.

Sigʻimli uch nuqtali sxemani chastota turgʻunligi nisbatan yuqori boʻladi va uni kichik hajmda konstruksiya qilish mumkin. Amalda koʻproq kvars tebrantirgichi tranzistorni kollektor va bazasi orasiga ulangan sxemalar ishlatiladi.

Bunday avtogeneratorlar uchun stasionar ish holati $S_1 Z_u = 1$ ifoda orqali aniqlanadi. Bu yerda: Z_b boshqaruvchi qarshilik:

$$Z_b = -Z_1 Z_2 / (Z_1 + Z_2 + Z_3)$$

$\omega_{kv} < \omega < \omega_p$ chastota oraligʻida kvars tebrantirgichini reaktiv qarshiligi X_{kv} induktiv xarakterga ega boʻladi. C_1 va C_2 sigʻimlar qarshiligi va aktiv elementni volt-amper xarakteristikasi (VAX) ni qiyaligi $S_1 = S_{1V} + jS_{1M}$ deyarli oʻzgarmaydi va ularni chastotaga bogʻliq boʻlmaydi deb hisoblash mumkin. Bu holda AG chastotasi $\omega = \omega_{kv}$ ga teng boʻladi deyish mumkin. Z_1, Z_2, Z_3 tarkibiga kiruvchi aktiv elementni oʻtkazuvchanligi Y_1, Y_2, Y_3 lar AG ni ishiga deyarli taʼsir koʻrsatmaydi. Buning uchun aktiv elementni ish holati va parametri toʻgʻri tanlangan boʻlishi kerak. Chastota turgʻunligi yuqori boʻlgan avtogeneratorlarda yuklama bilan bogʻliqlik sust boʻladi va shuning uchun aktiv elementni energiyasi asosan kvars tebrantirgichida sarf boʻladi. Shuning uchun Z_1 va Z_2 qarshiliklarni reaktiv deb hisoblash mumkin:

$$Z_1 \approx jX_1; \quad Z_2 \approx jX_2; \quad Z_3 \approx R_{kv} + jX_{kv};$$

u holda boshqaruvchi qarshilik

$$Z_b = X_1 X_2 / [R_{kv} + j(X_1 + X_2 + X_3)] \text{ ga teng bo'ladi.}$$

Buni AG stasionar holatini aniqlaydigan tenglamaga qo'yib, va aktiv elementni (AE) volt-amper karakteristikasi (VAX) ni qiyaligini $S_1 = (S_B + jS_M)\gamma_1(Q)$ ekanligini nazarda tutib, hamda haqiqiy va mavhum qismga ajratib quyidagi ifodani olish mumkin

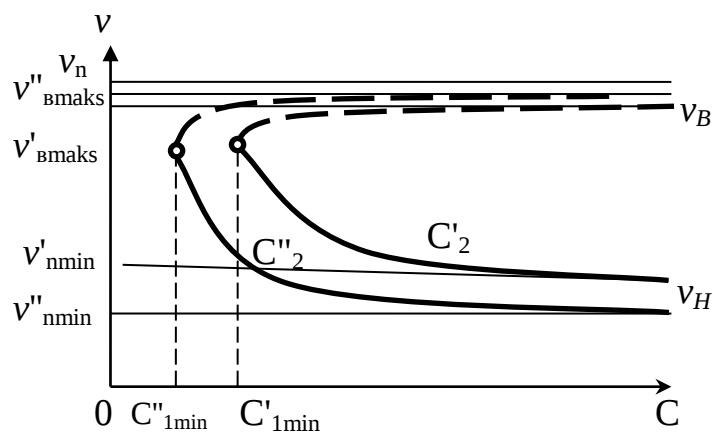
$$S_b \gamma_1(Q) R_u = 1; \quad X_1 + X_2 + X_{kv} - S_M \gamma(Q) R_{kv} R_u = 0$$

Bu yerda $R_b = X_1 X_2 / R_{kv}$, v -chastotani nosozlik koeffitsiyenti. Bu ikki tenglamalarni birgalikda echib nosozlik koeffitsiyenti v ni va $\gamma_1(Q)$ yoyilish koeffitsiyentini topish mumkin. (v ga R_{kv} va X_{kv} bog'liq bo'ladi) nosozlik koeffitsiyenti v avtogenerator chastotasini, $\gamma_1(Q)$ esa to'lqinlar amplitudasini aniqlaydi. Agar aktiv elementni VAX qiyaligini fazasi kichik bo'lsa va $S_M \approx S_x$ teng bo'lsa yqoridagi ikkinchi tenglamani soddaroq qilib yozish mumkin:

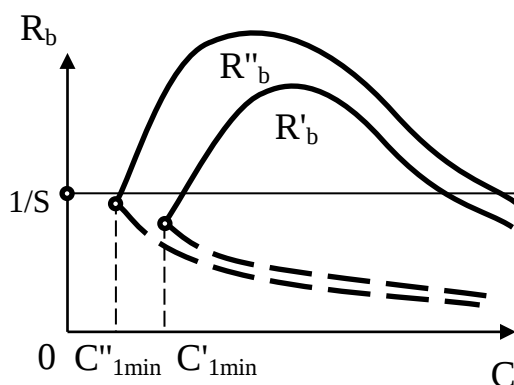
$$S \gamma_1 R_{kv} = 1; \quad X_1 + X_2 + X_{kv} = 0$$

$S_M \approx S_x$ tranzistorli avtogeneratorlarda, $\omega_{kv} \approx 0,5\omega_s$, ya'ni inersiyasiz bo'lgan holda amalga oshishi mumkin. Avtogeneratorni boshqaruvchi xarakteristikalar C_1 va C_2 sig'imni chastotaga va ish holatiga ta'sirini aniqlab beradi. Bunda E_p va $E_s = \text{const}$ deb hisoblanadi. Chastota va boshqaruvchi qarshilikni S_1 sig'imga bog'liqligini quyidagi 1.9-rasmdagi grafik ko'rsatib beradi. Bu grafikdan ko'rinib turibdiki, kvars tebrantirgichni AE kollektori va baza orasiga ulanganda, avtogenerator C_1 sig'im keng ko'lamda o'zgarganda ham to'lqinlar ishlab berishi mumkin. Bu holda boshqaruvchi qarshilik R_b va avtogeneratorni ish holati keskin o'zgarishi mumkin, lekin chastota ω kam o'zgaradi. Demak, bunday sxemada chastotani yuqori turg'unligi saqlanib turadi. Tranzistorni haroratga, ta'minlash manbasiga va vaqtga bog'liq bo'lgan reaktiv parametrlari keskin o'zgarishi mumkin, lekin bu holat chastota o'zgarishiga kam ta'sir ko'rsatadi. C_1 va C_2 sig'implarning qiymatini oshishi, yuqorida qayd qilingan parametrlarni chastotaga bo'lgan ta'sirini kamaytiradi. Lekin ularni cheksiz oshirish mumkin emas. C_1 , C_2 sig'implarning kattaligi ma'lum qiymatga yetganda R_b kuchayib ketadi va to'lqinlar ishlab chiqilmaydi. Avtogenerator yaxshi ishlatish uchun

regeneratsiy ko'rsatkichi $SR_b = 4-7$ atrofida bo'lishi kerak. Avtogeneratorga berilgan tok va kuchlanish nominal qiymatdan past bo'lishi kerak.



a)



b)

1.9- rasm. Chastota (a) va boshqaruvchi qarshilikni (b) C_1 sigimga bog'liqligi.

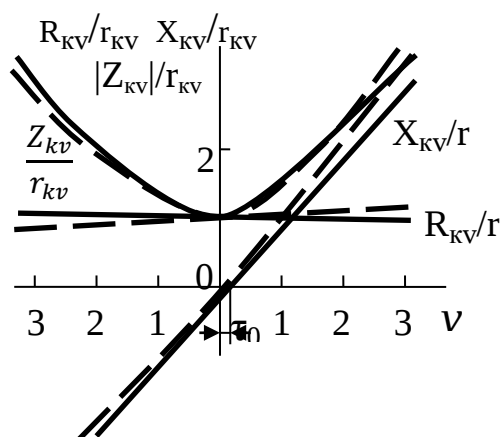
Avtogeneratorni yuqori garmonikalarda ishlatish uchun, C_1 sig'imga parallel qilib L_1 induktivlik ulanadi. $L_1 C_1$ konturni parametri shunday tanlanadiki, uning qarshiligi past garmonikalarda induktiv harakterga, tanlangan ish chastotasida sig'im harakterga ega bo'lishi kerak. Bu holda past chastotalarda AG qo'zg'atish sharti $C_{1k} R_b > 1$ bajarilmaydi. Tanlangan ω chastotadan yuqori chastotalarda aktiv elementni qiyaligi (VAX qiyaligi), sig'im C va boshqaruvchi qarshilik (R_b) kamaygani uchun avtogenerator to'liq ishlab bermaydi. Demak L_1 induktivlik

ulanganda avtogenerator faqat tanlangan kerakli chastotali to'ldin ishlab beradi.

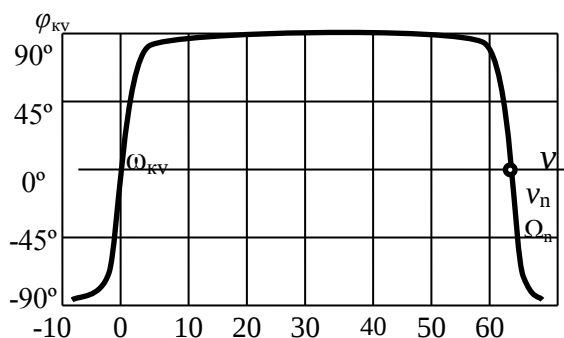
1.7. Kvars tebrantirgichlari ketma-ket induktivlik konturi sifatida ishlatilgan avtogenerator sxemalari

Bu sxemada kvars tebrantirgichi teskari aloqa zanjiriga ulangan. Sxemada bu konturdan tashqari yana bir oddiy kontur bor. Ikkinchi oddiy kontur avtogeneratorni qo'zg'otish shartini bajarilishi uchun kerak. Shuning uchun kvars tebrantirgichi ishdan chiqqanda, avtogenerator ish faoliyatini to'xtatmaydi.

Bunday sxemalarda kvars tebrantirgichini kompleks absolyut qarshiligi (Z_{kv}) ketma-ket rezonans chastotasida ω_{kv} eng kichik qiymatga ega bo'ladi va ω_{kv} chastotadan boshqa chastotalarda keskin oshib ketadi. Buni 1.10- rasmdagi grafikdan ko'rish mumkin.



1.10- rasm. Kvars tebrantirgich qarshiligini chastotaga bog'liqligi.



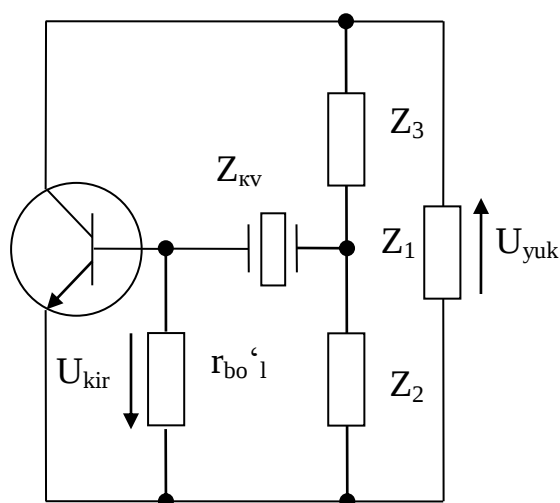
1.11- rasm. Kvars tebrantirgichni faza-chastota xarakteristikasi.

Tranzistorli avtogeneratorni sxemasini ko'rib chiqamiz. Bu sxema uch nuqtali sxema bo'lib, teskari aloqa zanjiriga kvars tebrantirgichi Z_{kv} va qo'shimcha qarshilik $r_{bo'l}$ ulangan. Avtogeneratorni tebranish sistemasi ikki konturdan iborat (1.12).

Birinchisi kollektor yuklamasi (Z_1, Z_2, Z_3) va ikkinchisi, teskari aloqa konturi ($r_{bo'l}, Z_{kv}, Z_2$).

Ikkinchi kontur parametrlari to'g'ri tanlanganda, uni saxiyligi Q kvars tebrantirgichini saxiyligiga teng bo'ladi, va kollektor konturining

saxiyligida ancha katta bo'ladi, ya'ni $Q_{t.a.} \gg Q_{kol}$ shuning uchun avtogenerator ishlab berayotgan chastotani teskari aloqa konturi belgilab beradi va chastota $\omega = \omega_{kv}$ teng bo'ladi. Bu holda $r_{bo'l}$, Z_{kv} iborat bo'lgan zanjirning uzatish koeffitsiyenti eng katta qiymatga ega bo'ladi. Kollektor konturini o'zgartirilganda, unda faza siljishi φ_n kuzatiladi. Bu siljish kvars fazasi φ_{kv} bilan kompensatsiya qilinadi. Kvars (φ_{kv}) fazasi juda katta qiyalikga ega, buni faza-chastota xarakteristikadan ko'rish mumkin (1.11-rasm). Fazalar balansini amalga oshishi uchun ($\varphi_k + \varphi_{t.a.} + \varphi_s = 0$) chastotani ozgina o'zgarishi kifoya qiladi, ya'ni avtogenerator oldingi ish holatiga qaytib keladi.



1.12- rasm. Tranzistorli avtogeneratorni sxemasi

Avtogeneratorni stasionar ish holatini tenglamasidagi ($S_1 Z_b = 1$) S_1 ni haqiqiy deb qaraymiz va boshqaruvchi qarshilik uchun ($Z_b = k Z_{yuk}$) tenglama tuzamiz. Teskari aloqa koeffitsiyentini $k = k_t k_{bo'l}$ ga teng deb olamiz.

Bu yerda $k_t = -Z_2' / (Z_2' + Z_3)$ – uch nuqtali sxemani teskari aloqa koeffitsiyenti;

$K_{bo'l} = r / (r_{bo'l} + Z_{kv})$ – bo'lgichni uzatish koeffitsiyenti,

Z_2'' esa $1/Z_2' = 1/Z_2 + 1/(r + Z_{bo'l} + Z_{kv})$ u holda boshqaruvchi qarshilikni quyidagicha yozish mumkin:

$$Z_b = - \frac{Z_{bo'l} Z_1 Z_2}{(Z_1 + Z_2 + Z_3)(r_{bo'l} + Z_{kv} + Z_2) - Z_2^2}$$

Bu ifodaga yuklama va kvars tebrantirgichni konturlarini qarshiligi kiradi:

$$Z_1 + Z_2 + Z_3 = r_{yok} + jX_{yuk} = r_{yuk} (1 + j\alpha_{yuk}),$$

$$R_{bo'l} + Z_{kv} + j(X_{kv} + X_2) = r_{bo'l} + R_{kv} + j(X_{kv} + X_2) = r(1 + j\alpha_k);$$

Umumlashtirilgan nosozlikni quyidagicha yozishimiz mumkin:

$$\alpha_n = X_n / r_n = 2Q_n (\omega_0 - \omega_n) / \omega_n$$

$$\alpha_k = (X_{kv} + X_2) / r = 2Q_{kv} (\omega_0 + \omega_{kv}) / \omega_{kv}$$

Bu yerda Q_n – yuklama konturini saxiyligi, ω_n – uni xususiy chastotasi.

$$Q'_{kv} = Q_{kv}(1 - k_{bo'l}) - \text{teskari aloqa konturini saxiyligi,}$$

$$k_{bo'l} = r_{bo'l} / (r_{bo'l} + R_{kv})$$

X_2 qarshilikga proporsional bo'lgan tashkil etuvchi, kvars tebrantirgichini xususiy chastotasini ketma-ket rezonans chastotaga nisbatan juda kam o'zgartiradi. $Z_1 = jX_1$ va $Z_2 = jX_2$ ekanligini inobatga olib, boshqaruvchi qarshilik ifodasini quyidagicha yozamiz:

$$Z_b = \frac{k_{bo'l} R_{b0}}{(1 + j\alpha_k)(1 + j\alpha_n) + m^2} = \frac{k_{bo'l} R_{b0}}{1 + m^2 - \alpha_k \alpha_n + j(\alpha_k + \alpha_n)}$$

Boshqaruvchi qarshilikni avtogeneratorning stasionar ish holati formulasiga qo'yib, uni haqiqiy va mavhum qismiga bo'lib, quyidagi ifodalarga ega bo'lamiz.

$$S\gamma_1(\theta)R_Y = 1 \quad \alpha_k + \alpha_n = 0$$

Aktiv boshqaruvchi qarshilik $R_b = k_{bo'l} R_{b0} / (1 + m^2 + \alpha_n^2)$ ga teng. $S\gamma_1(\theta)R_Y = 1$ ifoda avtogenerator signalining amplitudasini, $\alpha_k + \alpha_n = 0$ esa chastotasini belgilab beradi. $\alpha_k + \alpha_n = 0$ ni tenglamaga $\alpha_n = X_n / r_n = 2Q(\omega_0 - \omega_n) / \omega_n$ va $\alpha_k = 2Q_{kv}^l (\omega_0 - \omega_{kv}) / \omega_{kv}$ ni qo'yib quyidagi ifodalarni olamiz:

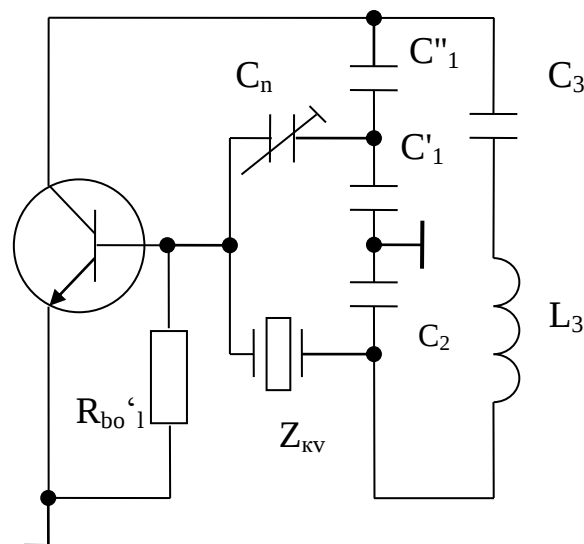
$$2Q_{kv}(\omega_0 - \omega_{kv}) / \omega_{kv} = -2Q_n(\omega_0 - \omega_n) / \omega_n \quad \omega_0 \approx \omega_{kv}$$

avtogeneratorni chastotasi ketma-ket chastota rezonansiga teng ($\omega_0 = \omega_{kv}$) deb hisoblab, quyidagi ifodani olamiz:

$$\omega_0 - \omega_{kv} = (\omega_n - \omega_{kv}) Q_n / Q_k$$

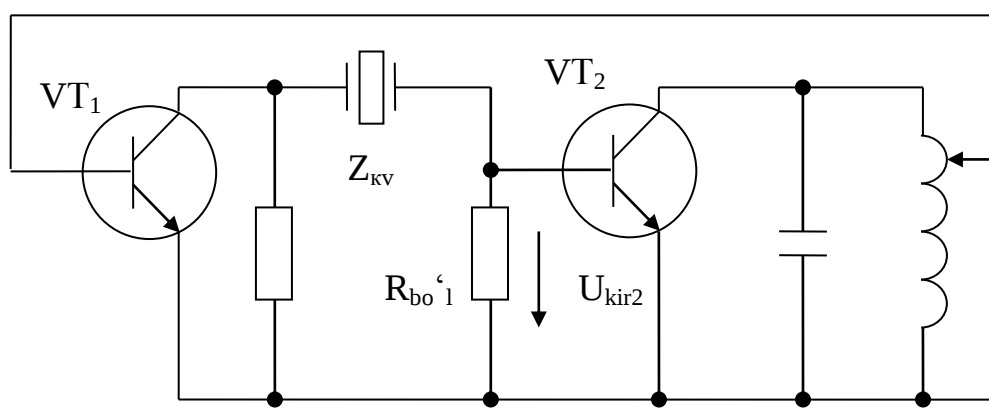
Bu holda kontur sozlanishi o'zgarganda avtogeneratorni chastotasi ω_0 ω_{kv} dan $(\omega_n - \omega_{kv}) / (Q_n / Q_{kv})$ ga proporsional ravishda o'zgaradi.

Agar $Q_n \approx 10^2$, $Q'_{kv} \approx 10^5$ u holda $Q_n / Q'_{kv} \approx 10^{-3}$ ga teng bo'ladi. Bunday avtogeneratorlarda kvars tebrantirgichida ajralayotgan quvvat R_{kv} , AE da ajralayotgan quvvatdan kichkina bo'ladi $R_{kv} < R_1$. Bu bunday avtogeneratorlarni yaxshi tomonidir. Boshqa afzalliklardan yana biri shuki kollektor konturini o'zgartirib kerakli mexanik garmonikani olish mumkin. C_0 statik sig'imni neytralizasiya qilib 15, 17 garmonikagacha to'liqlar olish mumkin. C_0 sig'im neytralizasiya qilish parazit ya'ni kerak bo'lmagan to'liqlarni yo'qotish imkonini beradi. 5 nchi garmonikagacha bo'lgan to'liqlarni olishda C_0 sig'im $r_{bo'1}$ qiymatini rasional tanlash yo'li bilan kompensasiya qilinadi. Undan yuqori garmonikalarda C_0 sig'imga parallel qilib induktivlik ulanadi. Ba'zi hollarda neytralizasiya qilish uchun maxsus neytrodin sig'im C_N ishlatiladi (1.13-rasm).



1.13-rasm Kvars tebrantirgichini statik sig'imini neytralizasiya qilish sxemasi.

Ba'zi hollarda kvarts tebrantirgichli avtogeneratorlarni boshqa sxemalari ham ishlatilishi mumkin. Bunga misol qilib ikki konturli avtogenerator sxemasini (1.14-rasm) keltirish mumkin. Bu sxemada VT2 tranzistorni bazasiga u_{kir2} kuchlanish $r_{bo'1}$ qarshilik orqali uzatiladi. Bu kuchlanishni amplitudasi kvarts tebrantirgichini qarshiligini absolyut qiymatini va $r_{bo'1}$ qarshilikni nisbatiga bog'liq bo'ladi. Avtogeneratorni ish xolati va uni parametrlari to'g'ri tanlanganda, qo'zg'otish sharti ketma-ket chastota yaqinida bajariladi. Bu holda kvarts tebrantirgichni qarshiligi Z_{kv} kichik, $r_{bo'1}$ qarshilikni uzatish koeffitsiyenti katta bo'ladi.



1.14-rasm. Ikki kaskadli, kvarts tebrantirgichli avtogeneratorni sxemasi.

Bu va shunga o'xshash sxemalarni kvarts tebrantirgichli avtogeneratorni umumiy tenglamalari orqali tahlil qilish mumkin. Har bir ko'rib chiqilgan avtogeneratorlarni o'ziga xos afzalliklari va kamchiliklari bor. Lekin ularni haroratga bog'liq bo'lgan chastota turg'unligi deyarli bir xil bo'ladi.

1.8. Gibril va integral mikrosxemalarda yig'ilgan avtogeneratorlar va ularni vazifasi

Avtogeneratorning (AG) vazifasi yuqori (YuCh) va o'ta yuqori chastotalarda (O'YuCh) tebranishlarni generatsiyalashdan (ishlab chiqishdan) iborat. AGda o'zgarmas tok manbasini energiyasi YuCh yoki O'YuCh tebranishlar energiyasiga aylantirish amalga oshiriladi. AG

radiouzatuvchi va radioqabul qiluvchi qurilmalari tarkibida yuqori chastotali tashuvchi signallar ishlab beruvchi kaskad hisoblanadi.

Avtogeneratorni bir necha belgilariga ko'ra sinflarga bo'lish mumkin. Chastotalar diapazoni bo'yicha ular ikki katta YuCh va O'YuCh guruhlariga bo'linadi. Ular orasida chegara taxminan 300 MGsni tashkil qiladi. Bundan tashqari foydalaniladigan elektr zanjirlari bo'yicha ham farq bo'lishi mumkin. YuCh generatorlarda bunday zanjirlar jamlashtirilgan(oddiy sigim, induktivlik), O'YuCh generatorlarida taqsimlangan parametrlil bo'lishi mumkin, (fider liniyalari va to'lqin o'tkazgichlar).

Avtotebranishlar chastotasini stabillash uslublari quyidagilar bo'lishi mumkin:

- oddiy tebranish tizimlaridan foydalanilgan parametrik;
- rezonator sifatida kvars tebrantirgichni ishlatish;
- dielektrik rezonatorli (faqat O'YuCh diapazonida);
- yuqori energetik sathda joylashgan atomlarni induksiya qo'zg'atish hisobiga molekulyar.

10 GGsdan yuqori diapazonda ishlaydigan molekulyar generatorlar asosan chastota etaloni sifatida foydalaniladi.

Elektron asbob turi va sxemasi bo'yicha avtogeneratorlar ikki asosiy guruhga bo'linadi:

- tranzistor yoki elektrovakuum asbobni qo'llanishli va musbat teskari aloqadan foydalanishli;
- Manfiy aktiv o'tkazuvchanlikli O'YuCh generator diodini (tunnel', lavin yoki Gann diodi) ikki qutbli sifatida qo'llanishli.

Radiosignallarni uzatuvchi qurilmani boshqa qismlari bilan o'zaro ta'siriga ko'ra avtogeneratorlar avtonom rejimda ishlaydigan, tashqi signal orqali chastotani sinxronlash rejimida ishlaydigan va qurilma tarkibida chastotani avtomatik sozlaydigan turlarga ajratiladi.

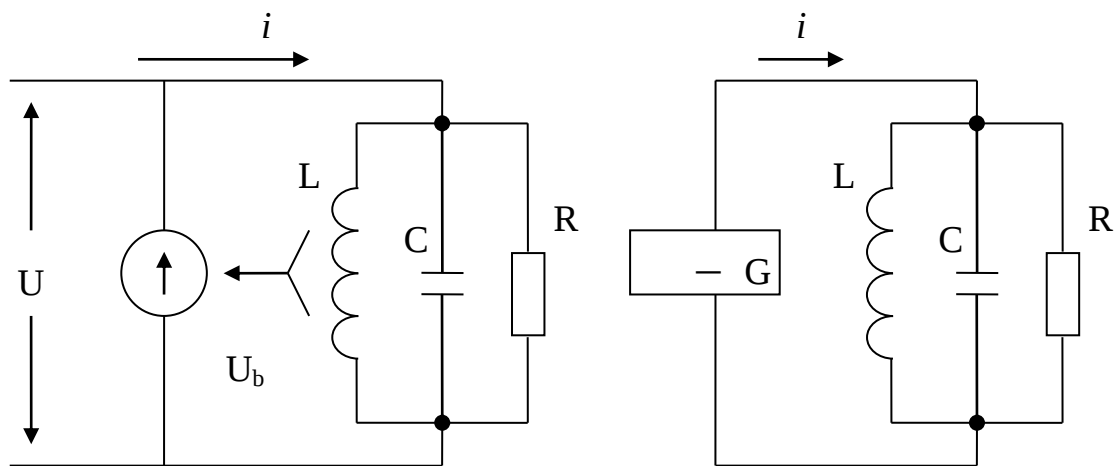
Radiotexnik qurilma tarkibida foydalanishi bo'yicha avtogeneratorlarni quyidagicha ajratish mumkin:

- qurilmaning barcha kaskadlari va qismlari ishini sinxronlaydigan chastotaviy stabilligi oshirilgan tayanch yoki etalon avtogeneratorlar;
- chastota bo'yicha qayta sozlanadigan (shu jumladan chastota sintezatori tarkibida) diapazonli.

Avtogenerator ishini quyidagi asosiy parametrlar xarakterlaydi: chastotalar diapazoni yoki qayd qilingan chastota qiymati, yo'klamadagi avtotebranishlar quvvati, chastota turgunligi (uzoq vaqtli va qisqa vaqtli).

Tebranish tizimli AGni yigʻilishini ikki asosiy prinsipi boʻlishi mumkin.

Birinchi turdagi AGLarda nochiziqli tok generatori i (U_B) koʻrinishda tasavvur qilinadigan elektron asbob qoʻllaniladi (bu yerda U_B – boshqaruvchi kuchlanish, 1.15a–rasm. Teskari aloqa zanjiri hisobiga tebranish tizimlaridan signal quvvatining bir qismi elektron asbob kirishiga beriladi. Kuchaytirishdan soʻng berilgan tebranishlar yoʻqotishlarni kompensatsiyalash va avtotebranishlarni barqaror ish holatini ushlab turish uchun tebranish tizimiga teskari zanjir orqali qaytadi. Bunda tebranish tizimidan olinadigan va yana unga qaytadigan tebranishlar fazalari tengligidan iborat boʻlgan sinxronlash sharti bajarilishi zarur.



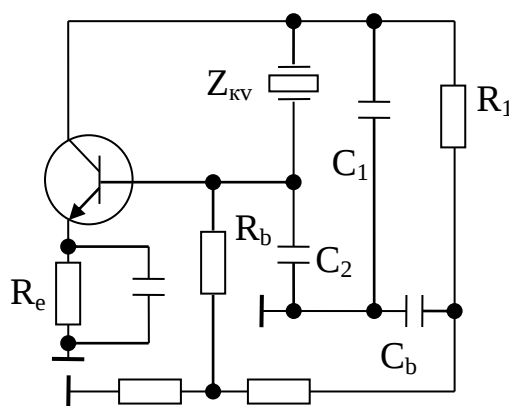
1.15-rasm. a) nochiziqli tok generatori ishlatilgan avtogenerator;
b) diodli generator ishlatilgan avtogenerator.

Avtogeneratorlarni ikkinchi turining asosini maxsus generator diodlari tashkil qiladi. Ularning ekvivalent sxemasi manfiy aktiv oʻtkazuvchanlikka ega boʻladi (masalan, volʻt–amper xarakteristikaga tushuvchi oraliq yoki asbobda signalni kech qolishi). Bunday asbob tebranish tizimiga ulanganida undagi yoʻqotishlarni kompensatsiyalaydi va buning natijasida avtotebranishlarning barqaror ish holati taʼminlanadi. Ikkinchi turdagi AGLarning ekvivalent sxemasi 1.15 b–rasmda keltirilgan.

Avtogeneratorlarga boʻlgan talablarga qarab, avtogeneratorni konstruksiyasi har xil boʻlishi mumkin. Hozirgi paytda avtogeneratorni konstruksiyasi oddiy sigʻim va induktivlik elementlarda, polosali chiziqli

elementlarda (Poloskovaya liniya), gibrid va integral mikrosxemalarda ishlab chiqilmoqda.

Gibrid variant konstruksiyasida avtogeneratorni asosiy qismi mikrosxemalarda yig‘iladi. Mikrosxemadan tashqarida aktiv element (AE), kvars tebrantirgichi va tebranish konturini ba’zi elementlari montaj qilinadi. Mikrosxema sifatida ko‘p hollarda kuchaytiruvchi sxemalar foydalaniladi. Integral mikrosxemalarda yig‘ilgan avtogeneratorni hajmi va vazni kichkina, montaj puhtaligi esa ancha katta bo‘ladi, ya’ni siljish va tebranishlarga bimalol bardosh beradi. Bu jihatdan gibrid sxemada yig‘ilgan avtogeneratorlar mikrosxemali avtogeneratorlarga qaraganda biroz orqada qoladilar. Oddiy va gibrid sxemali avtogeneratorni konstruksiyasi AE ni qizimasdan ishlashiga imkon beradi, ya’ni AE ni sovitish masalasini oson hal etish mumkin bo‘ladi. Oddiy va gibrid sxemali avtogeneratorlarda AE dan issiqlikni tarqatib yuborish masalasi bir xil bo‘ladi. Integral mikrosxemalarda yig‘ilgan avtogeneratorlarda AEni qizishi hisobiga bo‘ladigan issiqlikni tarqatish ancha muammo bo‘ladi, chunki AE mikrosxemani ichida joylashgan bo‘ladi. Gibrid sxemali avtogeneratorni quvvati mikrosxemali avtogeneratorni quvvatidan katta bo‘ladi, bu degani gibrid sxemali avtogeneratorlar yuklamaga katta quvvat beradi. Gibrid va integral sxemali avtogeneratorlarda iloji boricha induktivlik g‘altaklarini ishlatmaslik kerak, chunki ularni aniq qilib tayyorlash ancha qiyin. Bunday avtogeneratorlarda kvars tebrantirgichi baza va kollektor orasiga ulanadi. Avtogeneratorni sxemasi 1.16- rasmda keltirilgan.

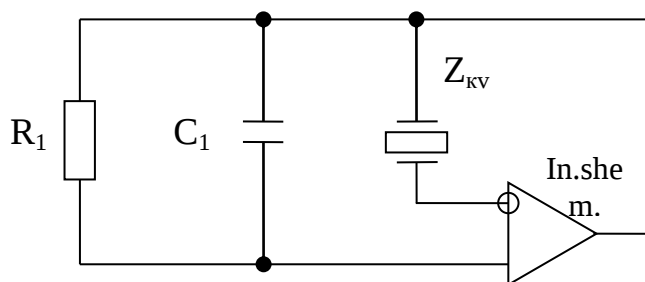


1.16- rasm. Induktivligi bo‘lmagan va kvars kollektor va baza orasiga qo‘yilgan avtogenerator sxemasi.

Bu sxemada C_1 sig‘imga parallel ravishda kvars tebrantirgichi Z_{kv}

ulanangan. Agar tebrantirgichni yuqori garmonikalarda ishlatish kerak bo'lsa, R_1 qarshilikni shunday tanlash kerakki, tanlangan chastotadan boshqa chastotalarda avtogeneratorni qo'zg'atish sharti $S_{1k}Z_k > 1$ bajarilmasligi kerak.

Tanlangan chastota uchun R_1 qarshilik blokirovka qiluvchi element bo'lib xizmat qiladi. Integral variantda yig'ilgan avtogeneratorni sxemasi 1.17- rasmda keltirigan.

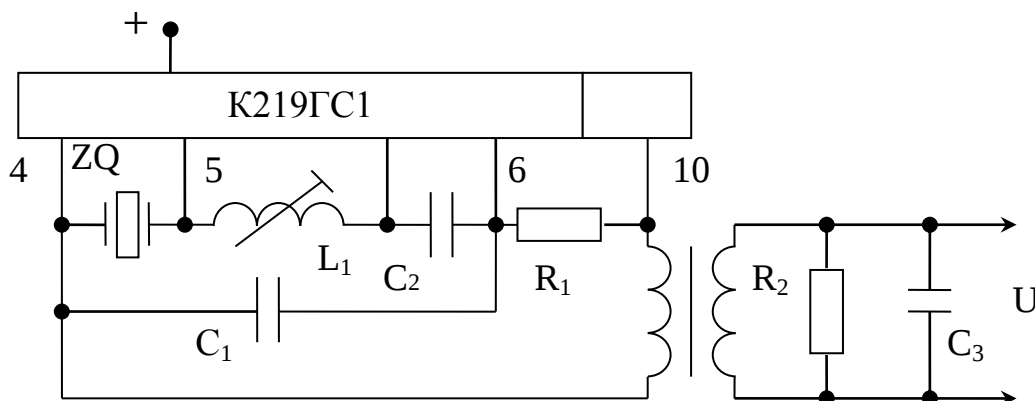


1.17- rasm. Integral mikrosxemali avtogenerator.

Bu sxemada avtogeneratorni asosiy qismi integral sxema bo'lib, kvarts tebrantirgichi, sig'im C_1 , qarshilik R_1 tashqarida montaj qilinadi.

B'azi hollarda C_1 va R_1 elementlar integral mikrosxema tarkibida bolishi mumkin, bu holda faqat kvarts tebrantirgichi tashqarida bo'ladi.

Bulardan tashqari avtogeneratorlarni boshqa sxemalari ham mavjud. Avtogeneratorlarda K218, K219, K221, K224, K228 seriyadagi gibridd chiziqli-impulsli mikrosxemalarni ishlatish mumkin. K219 seriyadagi mikrosxema kvarts tebrantirgichi bilan birgalikda 1-30 MHz diapazonda yuqori stabilli to'liqlar olish imkonini beradi (K219ГC).

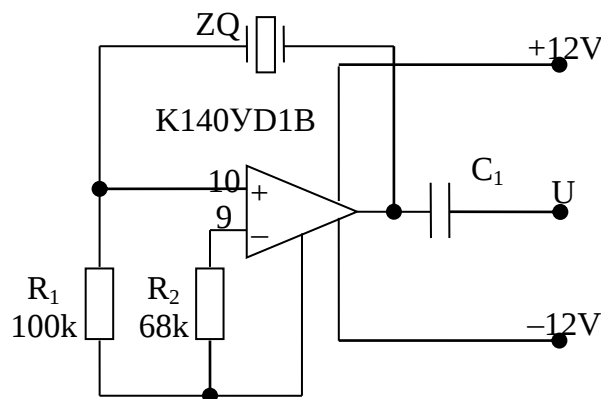


1.18- rasm. Mikrosxemada yig'ilgan avtogenerator.

K219ГC mikrosxema esa radioto'liqlarni 30-70 MHz diapazonda ishlab

beradi 1.18- rasm.

Avtogeneratorni ko'p elementlari tashqarida bo'lgani uchun hajmi nisbatan katta bo'ladi. Avtogenerator chastotasiga uncha yuqori talablar qo'yilmaganda va chastota past bo'lganda operatsion mikrosxemalar ishlatish mumkin. Masalan, quyidagi sxema chastotalarni 1-50 KHz diapazonda ishlab beradi 1.19- rasm.



1.19- rasm. Operatsion mikrosxemada yig'ilgan avtogenerator.

Nazorat savollari

1. Nima uchun oddiy LC tebranish konturini chastota turg'unligi kam bo'ladi?
2. Kvars tebrantrgichi qanday vazifani bajaradi?
3. Kvars tebrantrgichini nechta kristallografik o'qi bor?
4. Kvars tebrantrgichini tebranish chastotasi qanday ifoda bilan aniqlanadi?
5. Kvars tebrantrgichini ekvivalet sxemasini chizing.
6. Kvars tebrantrgichini saxiyligi qanday bo'ladi?
7. Kvars tebrantrgichini ketma-ket chastota rezonansi qanday aniqlanadi?
8. Uch nuqtal avtogenerator sxemalarini chizing?
9. Uch nuqtali sig'imli avtogeneratorni afzalligi nimadan iborat?
10. Chastota sig'imga qanday bog'liq?
11. Boshqaruvchi qarshilik sig'imga qanday bog'liq?
12. Yuqori garmonikalarda kvars tebrantirgichi yaxshi ishlashi uchun nima qilish kerak?
13. Kvars tebrantirgichlari ketma-ket induktivlik konturi sifatida ishlatilgan avtogeneratorda nechta kontur bo'ladi?
14. Kvars tebrantirgichni kompleks qarshiligi ketma-ket chastota

- rezonansida qanday qiymatlarga ega bo‘ladi?
15. Avtogenerator chastotasini qaysi kontur belgilab beradi?
 16. Kvars tebrantirgichlari ketma-ket induktivlik konturi sifatida ishlatilgan avtogeneratorni qanday afzalligi va kamchiligi bor?
 17. Ikki kaskadli, kvars tebrantirgichli avtogeneratorni sxemasi chizing va ish uslubini tushuntiring.
 18. Avtogeneratorni vazifasini tushuntiring.
 19. Avtogeneratorlar qanday sinflarga bo‘linadi?
 20. Integral turidagi kvarsli AG sxemasini chizing.
 21. Kollektor va baza orasiga kvars qo‘yilgan avtogenerator sxemasi chizing va tushuntiring.

2. RADIOSIGNAL VA MODULYATSIYA TURLARI. RADIOSIGNALLARNI ASOSIY XARAKTERISTIKALARI

2.1. Radiosignal va modulyatsiya turlari

Radiosignal deb tarkibida uzatilishi kerak xabar bo‘lgan vaqt bo‘yiga o‘zgaruvchi $u(t)$ ko‘rinishidagi fizik radioto‘lqinga aytiladi. Radiosignalni $g(\omega)$ ko‘rinishidagi spektral zichligi bo‘lib, bu zichlik bilan fur‘e o‘zgarishi orqali bog‘langan:

$$g(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} u(t) e^{-j\omega t} dt$$
$$u(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} g(\omega) e^{j\omega t} d\omega$$

Signalni vaqt bo‘yicha davomiyligi ma’lum qiymatga ega, lekin uni spektri cheksiz chastota oralig‘iga ega bo‘ladi. Real signal vaqt bo‘yicha chegaralangan. Radiotexnikada ishlatiladigan signal spektrini asosiy qismi o‘rta chastota $f_0 = \omega_0/2\pi$ dan kichik chastota oralig‘ida joylashgan. Shunga asosan band qilingan chastota oralig‘i P degan tushuncha kiritilgan va bu oraliqda radiosignalni 99% joylashgan bo‘ladi. Agar band qilingan chastotalar oralig‘i π o‘rtacha chastota f_0 dan kichik bo‘lsa ($\pi \ll f_0$) radiosignal garmonik ko‘rinishda bo‘ladi va uni quydagicha yozish mumkin.

$$U(t) = U(t) \cos[\omega_0 t + \varphi(t)]$$

$U(t)$ -signal amplitudasi, $\varphi(t)$ -signal fazasi, $\omega_0=2\pi f_0$ xabarni tashuvchi signal chastotasi.

Signalni vaqt bo'yicha davomiyligi T va band qilingan chastota oralig'i P o'zaro bog'langan bo'lsa, hamda ularni ko'paytmasi $\pi T = V \approx 1$ bo'lsa, bunday signallar sodda yoki tor chastota oralig'idagi signallar deyiladi. Shu bilan birga murakkab yoki keng chastota oralig'idagi signallar $V \gg 1$ ham radiotexnikada keng qo'llaniladi. Bu signallar garmonik signallarga yaqin bo'lib, aloqa bog'lovchi sistemani turg'unligini va imkoniyatini oshiradi.

Radiouzatuvchi qurilmalarda radiosignallarni shakllantirish jarayonini tekshirish uchun signallarni uzluksiz deb va $U(t) = U(t) \cos[\omega_0 t + \varphi(t)]$ ko'rinishda olinadi. Ularni chastotasi ω_0 doimiy, amplitudasi $U(t)$ va fazasi $\varphi(t)$ o'zgaruvchan bo'ladi.

Radiosignallarni to'liq fazasi $F(t) = \omega_0 t + \varphi(t)$ oniy chastota bilan quyidagicha bog'langan.

$$\omega(t) = \frac{\partial \Phi(t)}{\partial t} = \omega_0 + \frac{\partial \varphi(t)}{\partial t}$$

Radiosignallarni qaysi parametrlari uzatilayotgan xabar ta'sirida o'zgarishiga qarab amplitudali, chastotali, fazali modulyatsiya mumkin. Ba'zi hollarda signal parametrini sakrashsimon o'zgarishi, ya'ni manipulyatsiya kuzatiladi. Bu holda signallar impul'sli modullashtirish (amplitudali telegraf), fazali yoki chastotali manipulyatsiya (fazali yoki chastotali telegraf) qilingan bo'ladi. Ko'p hollarda murakkab ya'ni kombinatsiyalashgan modullashtirish ishlatiladi. Modulyatsiya turini tanlash murakkab masala bo'lib, radiouzatuvchi qurimalarni ish sharoitiga, unga bo'lgan talablarga qarab hal qilinadi.

2.2. Amplituda bo'yicha modullashtirilgan signallarni xarakteristikasi

Agar to'liq fazasini $f(t)$ doimiy deb hisoblasak, amplituda bo'yicha modullashtirilgan (AM) radio signalni $U(t) = U(t) \cos[\omega_0 t + \varphi(t)]$ formula orqali yozish mumkin. $\psi(t)$ ni $\psi(t) = \varphi(t) = 0$ deb, qabul qilamiz va uzatilishi kerak bo'lgan xabarni spektrini quyidagicha yozamiz

$$S(j\Omega) = \int_{-\infty}^{\infty} S(t) e^{-j\Omega t} dt$$

$S(\Omega)$ signal spektrini energiyasini ko'p qismi modulyatsiya qiluvchi chastotalar orasida joylashgan va pastdan Ω_{MIN} va yuqoridan Ω_{MAK} chegaralangan $\Omega_{MAK} - \Omega_{MIH}$. Modulyatsiya jarayonini uzatishi kerak bo'lgan, xabar garmonik ko'rinishda bo'lganda tekshirish ancha qo'lay bo'ladi.

$$S(t) = U_{\Omega} \cos \Omega t.$$

$U(t)$ va $S(t)$ lar orasidagi bog'liqlikni chiziqli deb hisoblaymiz:

$$U(t) = U_{tyx}[1 + as(t)].$$

Bu yerda U_{tyx} tovush yo'q bo'lgan holat, a-doimiy o'zgarmas son. U holda AM signallarni quydagicha yozish mumkin:

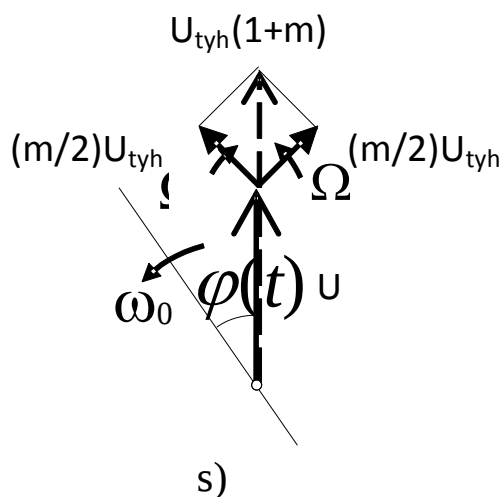
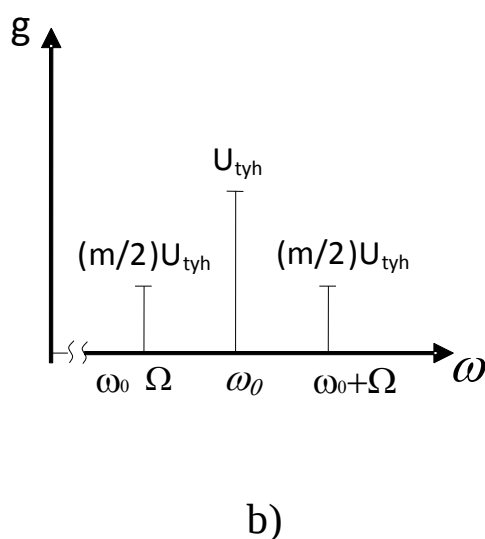
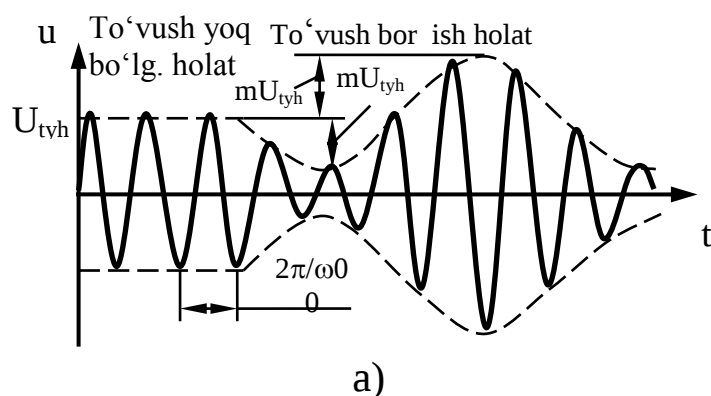
$$u(t) = U_{tyx}[1 + m \cos \Omega t] \cos \omega_0 t.$$

$m = aU_{\Omega}$ - modulyatsiya koeffitsienti. AM paytida nochiziqli buzqlik bo'lmasligi uchun modullashtirish koeffitsientini qiymati $0 < m < 1$ oralig'ida bo'lishi kerak. $u(t) = U_{tyx}[1 + m \cos \Omega t] \cos \omega_0 t$ tenglamadan va (2.1a) rasmdan ko'rinib turibdiki, modullashtirish paytida signal amplitudasi $U_{tyx}(1+m)$ dan $U_{tyx}(1-m)$ gacha o'zgaradi.

U holda AM signalni spektri uchta garmonik tashkil etuvchilardan iborat (2.1-b rasm) bo'ladi: chastotasi ω_0 bo'lgan tashuvchi signaldan va chastotalari $(\omega_0 + \Omega)$, $(\omega_0 - \Omega)$ bo'lgan ikkita yon tashkil etuvchilardan iborat bo'ladi va quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$u(t) = U_{tyx} \cos \omega_0 t + 0,5mU_{tyx} \cos(\omega_0 + \Omega)t + 0,5U_{tyx} \cos(\omega_0 - \Omega)t$$

Agar modullashtirilgan signal, ya'ni uzatilishi kerak bo'lgan xabar $S(t)$ murakkab bo'lsa, ya'ni $\Omega_{max} - \Omega_{min}$ chastota oralig'ini band qilsa, modullashtirilgan to'lqin spektri tashuvchi va ikki yon tashkil etuvchilarni kengligi $\Omega_{max} - \Omega_{min}$ bo'lib, ular tashuvchiga nisbatan ikki tomonda simmetrik joylashgan bo'ladi.



2.1-rasm. Amplituda boyicha modulyatsiyalangan signalni ko'rinishi: a – vaqt boyicha, b – spektr, s – vektor.

U holda signalni to'la band qilingan chastota oralig'ini quydagicha yozish mumkin.

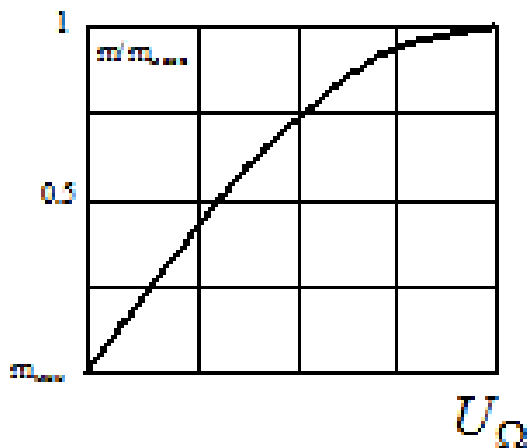
$$P = 2\Omega_{\max}$$

Radiosignal spektri tarkibidagi tashuvchi va bitta yon tashkil etuvchilar so'ndirilib, ikkinchi yon tashkil etuvchi saqlab qolinsa, bunday signal bir polosali (BPM) deyiladi. Bunday signalni band qilgan chastota oralig'i $\Omega_{\max}$ ga teng bo'ladi, ya'ni AM signalnikiga qaraganda ikki marta kichik bo'ladi.

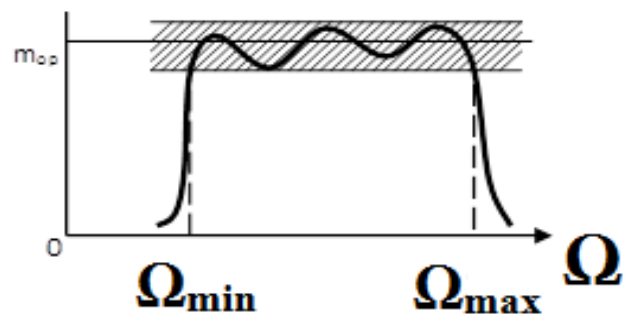
Modullashtiruvchi signalni sifatini tekshirish uchun modulyatsiya xarakteristikalarini ishlatiladi. Bulardan biri dinamik modulyatsion xarakteristikadir. Bu xarakteristika modulyatsiya koeffitsiyentini (m) qil

modullashtiruvchi kuchlanishiga (U_{Ω}) bogʻliqligini koʻrsatadi, $m = f(U_{\Omega})$

2.2- rasm. Ikkinchisi statik modulyatsion xarakteristika boʻlib (SMX) chiqish signali amplitudasini modullashtiruvchi kuchlanishiga bogʻliqligini koʻrsatadi, $I_{\text{chiq}} = f(U)$. Bundan tashqari AM vaqtida paydo boʻladigan buzuvliklarni analiz qilishi uchun amplituda-chastota xarakteristikalari (ACHX) ishlatiladi. 2.3- rasm.



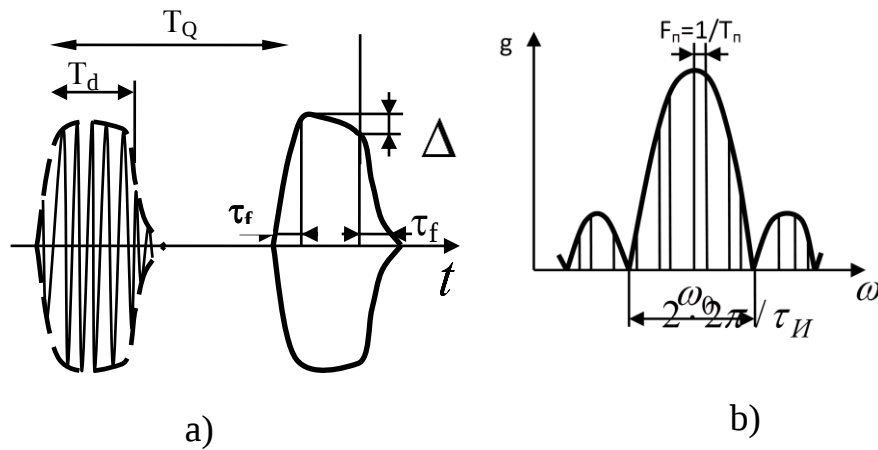
2.2–rasm. AM signalni amplituda xarakteristikasi.



2.3–rasm. AM signalni amplituda-chastota xarakteristikasi.

Impul'sli modullashtirilgan signallar davomiyligi τ_i , davri T_i va toʻldirish chastotasi ω_0 bilan xarakterlanadilar.

Radioimpulsni buzuvligini oldingi front davomiyligi τ_f va orqa front davomiyligi τ_c va Δ - impuls yuqori qisminini davomiyligi bilan aniqlanadi. Impuls davrini uni davomiyligiga nisbati, uni chuqurligi deyiladi: $Q = \frac{T_d}{\tau_i}$. Davriy impul'slar ketma-ketligi chiziqli spektrga ega. (2.4 b-rasm).



2.4. rasm. Impu'sli modullashtirilgan radiosignalni iagrammasi:
a-vaqt bo'yicha, b- spektr.

Spektrni ayrim qo'shni tashkil etuvchilar orasidagi oraliq $\Omega_q = 2\pi/T_d$ ni tashkil qiladi. Spektrni maksimal qiymati tashuvchi signal chastotasi ω_0 ga to'g'ri keladi.

2.3. Burchak bo'yicha modulyatsiyalangan radiosignal xarakteristiklari

Burchak bo'yicha modulyatsiyalangan signallarni amplitudasi doimiy, o'zgaras bo'ladi, fazasi esa uzatishi kerak bo'lgan xabar ta'sirida o'zgaradi. Bunday signallar quyidagi tenglamaga bilan ifodalaniadi:

$$\omega(t) = \frac{d\Phi(t)}{dt} = \omega_0 + \frac{d\varphi(t)}{dt}$$

bundan ko'rinib turibdiki, chastotali (CHM) va fazali (FM) modullashtirish bir-biridan faqat uzatilishi kerak bo'lgan xabar $S(t)$ va tashuvchi signal $\varphi(t)$ fazasi oralig'idagi bog'liqlik bilan farq qiladi. Garmonik qonuniyat asosida faza bo'yicha modullashtirilgan signalni quyidagicha ifodalash mumkin.

$$U(t) = U_0 \cos[\omega_0 t + m_\varphi \cos \Omega t]$$

$m_1 = a_1 \varphi U_1$ -faza devitsiyasi (ma'lum oraliqda o'zgarishi) yoki modulyatsia indeksi.

a_φ -fazali modulyatorni modulyatsion xarakteristikasini qiyaligi, rad/V. Chastotali modullashtirishda oniy chastota $S(t) = U_\Omega \cos \Omega t$ qonuniyat bo'yicha o'zgaradi: $\omega(t) = \omega_0 + \Delta\omega_M \cos \Omega t$, bu yerda: $\Delta\omega_M = a_\omega U_\Omega$ chastota deviasiyasi, $a_\omega [\text{rad}/(c V)]$ -chastotali modulyatorni modulyatsion xarakteristikasini qiyaligi. Chastota va faza orasidagi $\omega(t) = \frac{d\Phi(t)}{dt} = \omega_0 + \frac{d\varphi(t)}{dt}$ ko'rinishidagi bog'liqlikni hisobga olganda chastotali modulatsiyali signallar uchun quyidagi ifodani yozish mumkin:

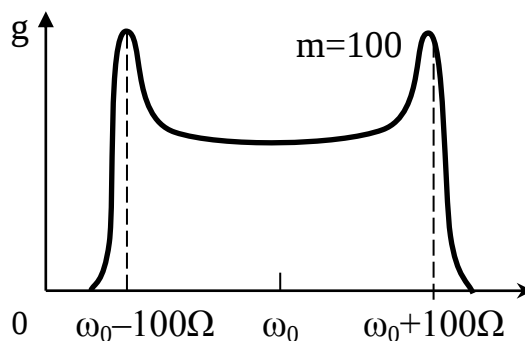
$$u(t) = U_0 \cos(\omega t + m_\omega \sin \Omega t)$$

Bu yerda $m_\omega = \Delta\omega_M / \Omega$ - chastotali modulyatsiya indeksi.

Faza deviasiyasi kichik bo'lganda, ya'ni $m_\omega \ll 1$ FM uchun, $m_\omega \ll 1$ ChM uchun burchakli modulyatsion signal spektri AM signal spektri bilan bir xil bo'ladi (2.1 b-rasm). Biroq $\omega_0 - \Omega$ tashkil etuvchisini fazasi $\omega_0 + \Omega$ fazasiga nisbatan teskari bo'ladi. Chastotali modulyatsiyali signallarni halaqitga bardoshligini oshirish uchun $m_\omega \gg 1$ bo'lishi kerak. U holda signalni spektri ancha keng bo'ladi va uni quyidagicha yozish mumkin.

$$u(t) = U_0 [J_0(m_\omega) \cos \omega_0 t + \sum_{n=1}^{\infty} J_n(m_\omega) \cos(\omega_0 + n\Omega) t + \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n J_n(m_\omega) \cos(\omega_0 - n\Omega) t]$$

Bu yerda: $J_n(m_\omega)$ - m_ω argument bo'yicha n darajali Bessel funksiyasi.



2.5- rasm. Chastotali modulatsiyali signal spektri

Bu signallarni band qilingan chastota oralig'i uchun quyidagi ifoda o'rinli bo'ladi.

$$\Pi \approx 2\Omega(m_{\omega} + 1) \approx 2\Delta\omega M$$

Bu tenglamadan ko'rinib turibdiki, $m_{\omega} \gg 1$ bo'lganda, chastota bo'yicha modulyatsiyalangan signallar uchun band qilingan chastota oralig'i Π modullashiruvchi chastotaga bog'liq bo'lmaydi, faza boyicha modulatsiyalangan signallar uchun esa Π yuqori modullashiruvchi chastotaga proporsional bo'ladi, $P \approx 2\Omega_{MAX} a \varphi U_{\Omega}$.

2.4. Ampitudali modulyatsiyali radiouzatuvchi qurilmalar

AM radiouzatuvchi qurilmalar asosan telefonli aloqa qilishda, radioxabarlarni va tasvirini uzatishda qo'llaniladi. Ularning quvvati 0,1 Vt dan 10 MVt gacha bo'lib, bu quvvat aloqa liniyasini uzunligiga bog'liq bo'ladi. AM radiouzatuvchi qurilmalar radiochastotalarni hamma diapazonida ishlatiladi. Bunday radiouzatuvchi qurilmalarni struktura sxemasi ko'p kaskadli bo'lib, chastota turg'unligiga bo'lgan talablar bilan aniqlanadi.

Yuqorida qayd qilingandek, radiouzatuvchi qurilmalarni sozlash jarayonida va nazariy izlanishlar olib borilayotganda modullashtiruvchi signal sifatida garmonik ko'rinishidagi $S(t)$ signal ishlatiladi. Ana shu qonuniyat bo'yicha qurilmani antenasidagi tok ampilutudasi va chiqish kaskadining tokini birinchi garmonikasi o'zgarishi kerak, ya'ni

$$I_A = I_{A_{tyh}} + I_{A\Omega} \cos \Omega t = I_{A_{tyh}} (1 + m \cos \Omega t)$$

$$I_{k1} = I_{k1_{tyh}} + I_{k1\Omega} \cos \Omega t = I_{k1_{tyh}} (1 + m \cos \Omega t)$$

Bu yerda $I_{a_{tyh}}$, $I_{k1_{tyh}}$ - tovush yo'q bo'lgan holatdagi antenna va kollektordagi toklar, $m = I_{A\Omega}/I_{A_{tyh}} = I_{K1\Omega}/I_{k1_{tyh}}$ - modulyatsia koefitsiyenti.

Bu toklar moduluyatsiya qiluvchi kuchlanishga proporsionaldir, chunki $m = aU_{\Omega}$: AM paytida tovush yo'q bo'lgan holat va maksimal hamda minimal ish holati kuzatiladi. Maksimal ish holati $\cos \Omega t = 1$, minimal esa ish holati $\cos \Omega t = -1$ bo'lganda bo'ladi.

$$I_{A_{max}} = I_{A_{tyh}}(1 + m); \quad I_{A_{min}} = I_{A_{tyh}}(1 - m)$$

$$I_{K1_{max}} = I_{K1_{tyh}}(1 + m); \quad I_{K1_{min}} = I_{K1_{tyh}}(1 - m)$$

Modullashtirish vaqtida antennadagi quvvat doimiy ravishda o'zgarib turadi. Yuqori chastotali tokni davriga nisbatan quvvatni o'rtacha qiymatini quydagicha yozish mumkin.

$$P_A(\Omega t) = 0,5 I_A^2(\Omega t) r_A = P_{A_{tyh}}(1 + m \cos \Omega t)^2$$

$R_{A_{tyh}} = 0,5 I_A^2$ - tovush yo'q bo'lgan holdagi quvvat, r_A -antenna qarshiligi.

Maksimal va minimal ish holatdagi quvvati $\cos \Omega t = \pm 1$ bo'lganda tovush yo'q bo'lgan quvvat orqali ifodalanadi.

$$P_{A_{max}} = P_{A_{tyh}}(1 + m)^2; \quad P_{A_{tyh}} = P_{A_{tyh}}(1 - m)^2$$

Modulyatsiya koeffitsienti $m=1$ bo'lganda maksimal ish holatdagi quvvat 4 marta oshadi, minimal ish holatida esa nol'ga teng bo'ladi.

Modullashtiruvchi signal davriga nisbatan quvvatni o'rtacha qiymati:

$$P_{A_{mod}} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} P_{A_{tyh}} (1 + m \cos \Omega t)^2 d(\Omega t) = P_{A_{tyh}} (1 + 0,5m^2)$$

Bu quvvat tovush yo'q bo'lgan quvvatga nisbatan 2 ta yon chastota hisobiga $0,5m^2 P_{A_{tyh}}$ ga ko'payadi.

$$R_{yon} = 2,0,25m^2 P_{A_{tyh}}$$

Kollektor zanjiridagi quvvat va toklar maksimal, minimal, hamda tovush yo'q bo'lgan holatlarda yuqoridagi tenglamalar orqali ifodalanishi mumkin. Amplitudali modulyatsiyani radiouzatuvchi qurilmaning turli kaskadlarida amalga oshirish mumkin. Buning uchun modulyatsiya faktori, uzatilishi kerak bo'lgan xabar ta'sirida o'zgarishi kerak. Modulyatsiya faktori - bu to'liq amplitudasini axborot ta'sirida o'zgarishidir. Modulyatsiya faktori sifatida bir yoki bir nechta ta'minlovchi kuchlanishlar bo'lishi mumkin. Uzatilishi kerak bo'lgan xabar va tashu-

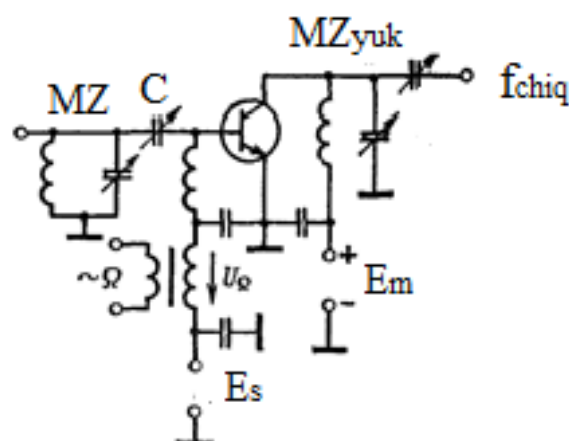
vchi signalni modulyatsiya qiluvchi kaskad, modulyatsiyalanuvchi kaskad deyiladi. Agar modulyatsiya oraliq kaskadlarda amalga oshirilsa, undan keyingi kaskadlarni hammasi modulyatsiya qilingan signal kuchaytirgichlari bo'ladi. Radiouzatuvchi qurilmalarni energetik va sifat ko'rsatkichlari modulyatsiya paytida ta'minlovchi kuchlanish o'zgarishiga bog'liq bo'ladi. Modulyatsiya jarayonini ikki oddiy turi mavjud. Birinchisi AE ni kirish zanjiridagi siljish kuchlanishini o'zgarishi (E_e) bo'lsa, ikkinchisi kollektor zanjiridagi ta'minlovchi kuchlanishini o'zgarishidir (kollektorni modulyatsiya). Ba'zi hollarda ularning ikkalasi ham bir vaqtni o'zida amalga oshirishi mumkin, bunday modulyatsiya kombinasiyalashgan modulyatsiya deyiladi.

2.5. Siljish kuchlanishi hisobiga bo'ladigan modulyatsiya

Bunday modulyatsiya paytida, modulyatsiya qiluvchi kaskaddan AE ni kirish qismiga siljish kuchlanishi E_s , uzatilishi kerak bo'lgan xabar ta'sirida o'zgaradi (2.6 rasm).

$$E_s = E_{styh} + \cos \Omega t$$

Bu holda quvvat kuchaytirgichni sxemasi oldinga darslarda o'tilgan qonunlarga asoslanib tuziladi va modulyatsiya signali(uzatilish kerak xabar) manbasi, siljish kuchlanishi manbasi bilan ketma-ket ulanadi. Siljish kuchlanishi E_s tovush yo'q holatda AE ni ish holati belgilaydi.



2.6-rasm. Siljish kuchlanishi orqali bo'ladigan modulyatsiya.

Modulyatsiya qiluvchi kaskadni ish holatini statik modulyatsiyasion xarakteristika (SMX) yordamida ko'rib chiqilganligi qulaydir. SMX bu quvvat kuchaytirish ish holatini aniqlovchi kattaliklarni siljish kuchlanishiga bog'liqligidir. Bu paytda AE ni kirish qarshiligi va manba kuchlanishi, yuklama qarshiligi doimiy deb hisoblanadi.

$$U_{kir}=\text{const}; R_H=\text{const}; E_M = \text{const}$$

SMX quyidagi funksiya orqali yoziladi: $I_{K1}, I_{K0}, P_1, P_0, \eta_e=f(E_c)$.

Oldingi mavzulardan ma'lumki kollektor toklari I_{K1}, I_{K0} siljish kuchlanishi o'zgarganda yoyilish koefitsiyentiga $[\gamma_1(0), \gamma_0(0)]$ proporsional bo'ladi. Bu bog'liqlik noxiziqli bo'lib toklar faqat kam kuchlanganlik ish holatida o'zgaradi. Siljish kuchlanishi E_s yordamida kollektor tokini 100% li modulyatsiyasini buzqliksiz amalga oshirish ancha qiyin masala.

Biroq kam kuchlanlik ish holatida modullashtirish vaqtida energetik ko'rsatkichlarni aniqlash uchun $I_1 = f(E_s)$ va $I_{k0} = f(E_s)$ grafiklarni to'g'ri chiziq bilan almashtirish mumkin. Bu to'g'ri chiziq $I_{K1} = I_{K0} = 0$, $E_{Cmin}=E'-U_{kir}$ va kritik ish holati nuqtalarini birlashtiradi. O'ta kuchlanganlik ish holatida esa toklarni (I_{K1}, I_{K0}) doimiy deb qarash mumkin (2.7- rasm). Idealashtirilgan SMX (2.7 a-rasm) yordamida quvvat va F.I.K ni siljish kuchlanishiga bog'lik bo'lgan SMX ni qurish mumkin. Manbada olayotgan quvvat:

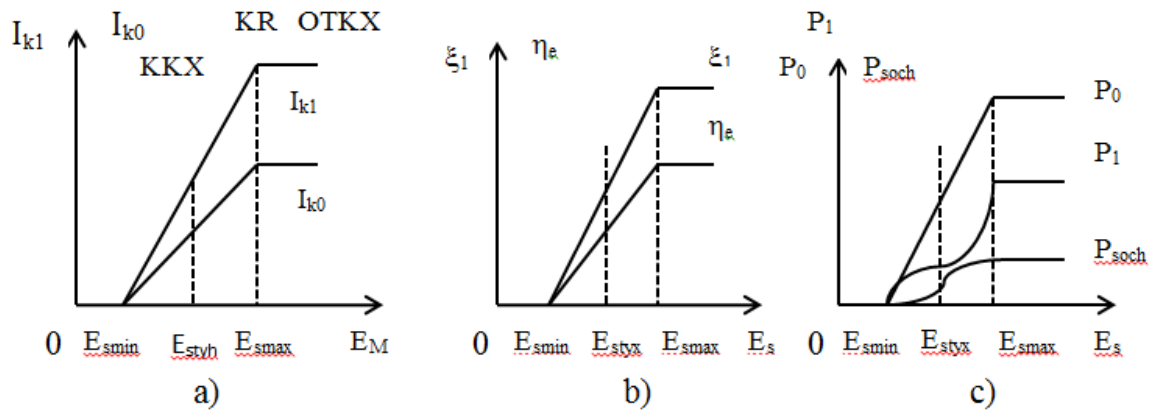
$$P_0 = I_{k0}(E_s)E_M.$$

$E_M=\text{const}$ bo'lganda $I_{KO}(E_C)$ grafigini takrorlaydi. Foydali quvvati grafigi parabola ko'rinishda bo'ladi.

$$P_1 = 0,5 I_{k1}^2(E_s) R_n.$$

Aktiv elementda ajralayotgan sochilish quvvati ham parabola ko'rinishiga ega bo'ladi, lekin uni cho'qqisi E_s ni maksimal qiymati $\eta = 0,5$ bo'lganda bo'ladi. F.I.K. $\eta = 0,5g_1(\theta)\xi$, lekin $g_1(0)$ va ξ larni o'zi E_s ga bog'liq bo'ladi. Idealashtirilgan SMX da tokni shakl koefitsiyenti $g_1(0) = I_{K1} / I_{K0} = \text{const}$ bo'ladi, kollektor kuchlanishini ishlashitish koef-

fitsiyenti esa $\xi(E_C) = U_H / E_M = I_{K1} R_H / E_M$ I_{k1} tokni SMXsiga ga o'xshaydi.



2.7- rasm. Quvvat kuchaytirgichni siljish kuchlanishli modulyatsiya paytidigi statik harakteristikalari: a-toklarni, b-F.I.K. ni, c- quvvatlarni.

F.I.K. $\eta = 0,5g_1(\theta)\xi$, lekin $g_1(0)$ va ξ larni o'zi E_s ga bog'liq bo'ladi. Ideallashtirilgan SMX da tokni shakl koeffitsienti $g_1(0) = I_{K1} / I_{KO} = const$ bo'ladi, kollektor kuchlanishini ishlashitish koeffitsienti esa $\xi(E_C) = U_H / E_M = I_{K1} R_H / E_M$ I_{k1} tokni SMXsiga ga o'xshaydi. Shuning uchun $g_1(0)=const$ bo'lganda F.I.K. SMX si ξ ni va I_{k1} ni SMX ga proporsional bo'ladi. AE ni quvvat bo'yicha to'la ishlashi uchun maksimal ish holatni kritik ish holatda, tovush yo'q bo'lgan holatni $I_{K1} = f(E)$ SMX ni o'rtasida tanlash kerak. Real SMX lar nochiziqli bo'lgani uchun, modulyatsiya koeffisiyneti m, nochizikli buzuqlik kam bo'lishi uchun $m=0,6-0,7$ atrofida olinadi. Bundan tashqari buzuqlikni kamaytirish uchun, yana kollektor tokini kesish burchagini maksimal ish holatda $Q_{max}=110-120^\circ$ qilib olinadi.

2.7 - rasmdan ko'rinib turibdiki maksimal va tovush yo'q ish holatida I_{K0} , P_0 , ξ , va η lar maksimal va tovush yo'q bo'lgan ish holatida I_{K1} tokga tegishli tenglamalar bilan ifodalanadi:

$$I_{k0max} = I_{k0tyh}(1 + m); \quad P_{0max} = P_{0tyh}(1 + m)$$

$$\xi_{\max} = \xi_{\text{tyh}}(1 + m); \quad \eta_{\max} = \eta_{\text{tyh}}(1 + m)$$

Manbadan olinayotgan quvvat tovush yo‘q bo‘lgan quvvatga teng bo‘ladi:

$$P_{0 \text{ mod}} = P_{0 \text{ tyh}}.$$

Foydali ish koefitsiyenti modulyatsiya paytida quyidagicha ifodalanadi.

$$\eta_{\text{Э.мод}} = E_{1 \text{ мод}} / P_{0 \text{ мод}} = \eta_{\text{Э.мод}}(1 + 0,5m^2)$$

U yon chastotalarni quvvati hisobiga ozgina oshadi, chunki o‘rtacha statik modulyatsiya koefitsiyentini $m \approx 0,3$ tashkil etadi. Uni qiymatini aniqlaymiz. Maksimal ish holatda $\xi_{\max}=0,9$, $\theta_{\max}=110^0$ deb hisoblaymiz. Bu holda $\eta_{\max}=0,63$ bo‘ladi. Tovush yo‘q holatda esa $m=0,7$, $nE_{\text{mod}} = 0,46$. O‘rtacha statik modulyatsiya koefitsiyenti $m \approx 0,3$ bo‘lani uchun $nE_{\text{mod}} (\text{о‘r})=0,39$ bo‘ladi. Amalda tovush yo‘q bo‘lgan paytda AE da eng katta sochilish quvvati ajraladi va $R_{\text{soch tyh}} < R_{k \text{ max}}$ bajarilishini tekshirib turishi kerak.

Modulyatsiyalanuvchi kaskadda buzuvchiliklar kam bo‘lishi uchun AE ni quvvati maksimal ish holatining quvvatidan ($R_{k \text{ max}}$) kam bo‘lmasligi kerak.

$$R_{1 \text{ nom}} \geq R_{1 \text{ max}} = R_{1 \text{ tyh}}(1+m)^2$$

Siljish kuchlanishi orqali bo‘ladigan modulyatsiyani F.I.K kichik bo‘ladi, bu esa uni professional radiouzatuvchi qurilmalarda qo‘llash imkoniyatiga halaqit beradi. Bunday modullashtirishni tasvirni uzatishda, ya’ni keng polosali signalni (6MGs) modullashtirilishda ishlatiladi.

2.6. Modulyatsiyalashtirilgan signallarni kuchaytirish

Ko‘p kaskadli radiouzatuvchi qurilmalarda modulyatsiya amalga oshirilayotgan kaskaddan keyingilarini hammasi kuchaytirish ish holatida ishlatiladi. Bu holda AE ni kirish qismiga modulyatsiya qilingan ta’sir qiluvchi kuchlanish beriladi:

$$U_{kir} = U_{kir\ tyh}(1 + m_{kir} \cos \Omega t) \cos \omega t,$$

m_{kir} - ta'sir qiluvchi signalni modullashtirish koeffitsiyenti. Umuman olganda m_{kir} kollektor tokini modullashtirish koeffitsiyentidan farq qiladi.

Modullastirilgan signallarni kuchaytirish - bu AE elementni chiqish tokini modulyatsiya qilish usullaridan biridir. Bu holda modulyatsiya faktori bo'lib, ta'sir qiluvchi kuchlanish amplitudasi xizmat qiladi. Modulyatsiya qilingan signallar kuchaytirgichlarni energetik ko'rsatkichlari, siljish kuchlanishi orqali bo'ladigan modullashtirilishga o'xshash bo'ladi, chunki AE kam kuchlanganlik ish xolatida bo'ladi. AE ni to'la ishlatish va F.I.K oshirish uchun maksimal ish holatni kritik qilib olish tavsiya etiladi, tovush yo'q bo'lgan holatni esa $I_{k1} \leq f(U_{kir}) \text{ SMX}$ o'rtasida olish kerak. Kesishi burchagi $\theta_{max} < 90^0$ bo'lganda, maksimal ish holatida $\eta_{max} \approx 0,7$, tovush yo'q bo'lgan holatda esa $\eta_{mol} \approx 0,35$. AE uchun og'ir ish holati tovush yo'q holat hisoblanadi va $R_{soch\ mol} \leq R_{k\ max}$ bo'lishi kerak. Aktiv elementni ni shunday tanlash keraki, u ishlab berayotgan quvvat $P_{1max} = P_{1_{mol}}(1 + m)^2$ dan kichik bo'lsin.

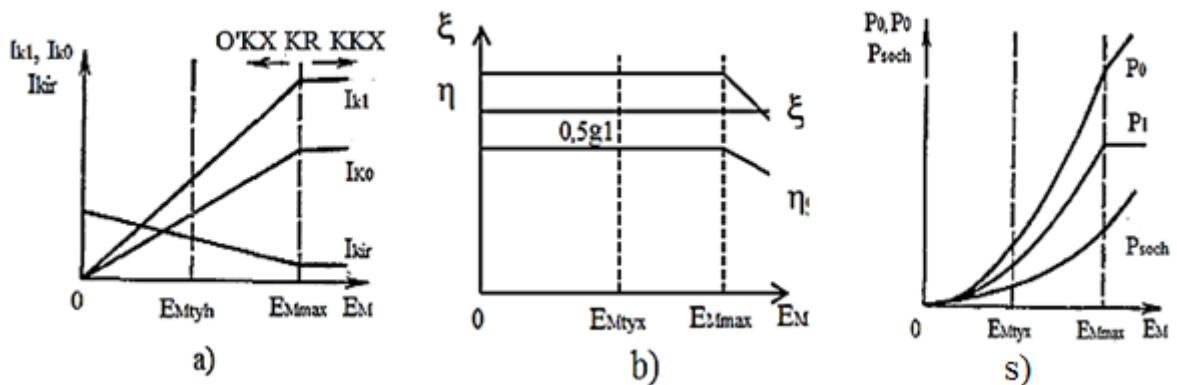
2.7. Kollektorli modulyatsiyali radiouzatuvchi qurilmalar

Kollektorli modulyatsiyani amalga oshirishda modullashtiruvchi kuchlanish ($u_{\Omega} \cos \Omega t$) ni, kollektor zanjiridagi tovush yo'q bo'lgan holatdagi doimiy kuchlanish manbasi bilan ketma-ket qilib ulash kerak.

$$E_M(\Omega t) = E_{Mtyh} + U_{\Omega} \cos \Omega t = E_{Mtyh}(1 + m \cos \Omega t)$$

$$m = U_{\Omega} / E_{mtyh} \text{ static modulatsion xarakteristika (SMX) yordamida}$$

kollektorli modullashtirish paytidagi AE ni ish holatini aniqlaymiz. 2.8a-rasmdagi ideallashtirilgan SMX dan ko'rinib turibdiki, o'ta kuchlanganlik ish holatida (O'.K.X.) da I_{k1} , I_{k0} toklar E_m kuchlanishga proposional ravishda oshib boradi, kam kuchlanganlik ish holatida (K.K.X.) esa, ular deyarli o'zgarmaydi.



2.8- rasm. Ideallashtirilgan static modulatsion xarakteristika:
 a-toklar uchun, b-F.I.K. uchun, s- quvvatlar uchun.

Lekin O'.K.X. ish holati katta kirish toklari I_{kir1} , I_{kir0} bilan xarakterlanadi. Shuning uchun kirish quvvati P_{kir} va aktiv elementni qizishiga sarf bo'ladigan $P_{kirsoch}$ ham katta bo'ladi. Bu esa AEni og'ir sharoitda ishlashiga va quvvatni kuchaytirish koeffitsiyentini kichik bo'lishiga olib keladi. Ish holatini kuchlanganligini va kirish tokini bir muncha kamaytirish uchun tashqi siljish kuchlanishi E_s o'rniga, kirish toki hisobiga bo'ladigan avtomatik siljish kuchlanishini qo'llash kerak.

$$E_s = - I_{kir0} R_s.$$

Bu holda I_{k1} , I_{k0} toklarni SMXsi O'.K.X. da chiziqli bo'ladi, modulyatsiya esa kombinatsiyalashgan bo'lib, chunki bu ish holatda ikkita kuchlanish o'zgaradi: kollektordagi E_M va avtomatik siljish kuchlanishi E_s . Modulyatsiya paytida paydo bo'ladigan chastotali buzuqliklarni kamaytirish uchun avtomatik siljish kuchlanishi inersiyasiz bo'lishi kerak va $\Omega_{max} C_{blok} R_s \ll 1$ tenglamani qanoatlantirishi kerak. S_{bl} blokirovka qiluvchi sig'im, R_s ga parallel qilib ulanadi. Shu bilan birga avtomatik siljish zanjiri, kirish tokini yuqori chastotali tashkil etuvchilariga kam qarshilik ko'rsatishi kerak, ya'ni $\Omega S_{blok} R_s \gg 1$ bo'lishi kerak. Endi modulyatsiya paytidagi energetik ko'rsatkichlarni ko'rib chiqamiz.

Kollektor kuchlanishini ishlatish koeffitsienti $\xi = \frac{U_n}{E_M} = I_{k1} R_n / E_M$ O'.K.X. da o'zgarmaydi, kam kuchlanganlik ish holatida esa E_M ga teskari proporsionol bo'lib kamayadi (2.8b-rasm). Tokni shakl koef-

fitsiyenti $q_1(\theta) = \frac{I_{k1}}{I_{k0}} = \text{const}$ shuning uchun F.I.K. $\eta = 0,5q_1(\theta)\xi$ ham E_m o'zgarishi bilan ξ o'qshab o'zgaradi.

O'ta kuchlanganlik ish holatida $P_0 = f(E_M)$, $P_1 = f(E_M)$ va $P_{soch} = f(E_M)$ lar parabola ko'rinishida bo'ladi, kam kuchlanganlik ish holatida esa R_1 , o'zgarmas R_0 va R_{soch} chiziqli ravishda o'zgaradi (2.8-rasm). AE ni to'la ishlashi uchun maksimal ish holatini kritik ish holatida, tovush yo'q bo'lgan holatni esa SMX ni ($I_{K1} = f(E_M)$) o'rtasida olish kerak. $m=1$ bo'lganda, $E_{M \max} = E_{M \text{ kir}}$, $E_{M \text{ tyh}} = 0,5 E_{M \max}$ bo'lishi kerak. Kesishish burchagi θ ni $70-90^\circ$ atrofida olishi kerak. F.I.K. maksimal ish holatda nisbatan yuqori bo'ladi va modullashtirish vaqtida o'zgarmaydi. Bu kollektorli modullashtirishni, siljishli modullashtirishga nisbatan yaxshi tomonidir.

Ta'minlovchi manba E_M va modulytordan kollektor zanjiriga berilayotgan quvvatni aniqlaymiz. $I_{k1}(E_M)$, $I_{k0}(E_M)$ xarakteristikalar bir xil va koordinata boshidan otgani uchun, tok va kuchlanish bo'yicha modullashtirish koeffitsiyentlari bir xil boladi va quyidagi ifodalarni yozish mumkin.

$$\begin{aligned} I_{k1} &= I_{k1tyh} + mI_{k1tyh} \cos \Omega t = I_{k1tyh} (1 + m \cos \Omega t) \\ I_{k0} &= I_{k0tyh} + mI_{k0tyh} \cos \Omega t = I_{k0tyh} (1 + m \cos \Omega t) \end{aligned}$$

Ta'minlovchi manbadan olinayotgan quvvat kollektor zanjiridan o'tayotgan tokni modullashtiruvchi signal davriga nisbatan o'rtacha qiymati bilan aniqlanadi.

$$P_{0haq} = P_{0tyh} = I_{k0tyh} E_{mtyh}$$

Modulytor olaytgan quvvat:

$$P_\Omega = 0,5 I_\Omega U_\Omega = 0,5 m^2 P_{0tyh}$$

Bu ifodadan korinib turibdiki bu quvvat manbadan olinayotgan quvvat E_{Mtyh} ga deyrli teng.

Bunday katta quvvat sarflaydigan modulyatorni mavjudligi – kollektorli modullashtirishni kamchiligidir.

Modulatsiya paytida F.I.K. $\eta_{el} = \text{const}$, shuning uchun P_{0mod} , $P_{soch mod}$ quvvatlar tovush yo'q bo'lgan paytdagi quvvatlar bilan quyidagicha boglangan:

$$P_{0mod} = P_{0tyh}(1 + 0,5m^2); \quad P_{0max} = P_{0tyh} = (1 + m)^2$$

$$P_{soch\ mod}=P_{soch\ tyh} = (1 + 0,5m^2); \quad P_{soch\ tyh} = P_{soch\ tyh}(1 + m)^2$$

Maksimal ish holatida sochilish quvvati katta bo‘ladi, lekin bu ish holat modulatsiyapaytida qisqa vaqt ichida ro‘y beradi va aktiv elementni qizishi modylatsiya davridagi quvvatning ortacha qiymati $P_{soch\ mod}$ hisobiga boladi. Shuning uchun quyidagi shart bajarilishini tekshirish kerak:

$$P_{soch\ mod} < P_{kmax}.$$

Aktiv elemenni tanlash, lampa va tranzistor uchun har xil bo‘ladi. Radiolampalar uchun kollektor kuchlanishini qiymatini nominal qiymatga teng qilib olish mumkin. Unga anod kuchlanishi qisqa muddatga oshishi mumkin va lampa bu vaqt ichida o‘z ish faoliyatini saqlab qoladi. Lampani radiosignallarni uzatuvchi qurilmalarda ishlatish shuni ko‘rsatadiki, $E_{M\ nom} \leq 10\text{ KV}$ bo‘lganda $E_{M\ tyh} = E_{M\ nom}$ qilib olish lampani ishonchligini kamaytirmaydi. Bu holda maksimal ish holatda anoddagi kuchlanish $E_{M\ maks} = E_{M\ nom}(1+m)$ ga teng bo‘ladi va $m=1$ uchun, bu kuchlanish nominal qiymati E_{Mnom} dan 2 marta, anod kuchlanishini oniy qiymatidan 4 marta ko‘payib ketadi. Ammo lekin bu holat yuqorida qayd qilingandek lampa uchun xavfli emas, chunki modul lashtirish paytida maksimal ish holat qisqa vaqtda ro‘y beradi. Kuchlanishni bunday qilib tanlash energetik jihatidan ancha qulay, chunki radiolampa $m=1$ bo‘lganda va tokni nominal qiymatida 2 marta ko‘p quvvat ishlab beradi: $P_{1max}=2P_{1nom}$ $E_{Mnom} > 10\text{kV}$ bo‘lganda $E_{Mtyh} \approx 10\text{ kV}$ qilib tanlanadi. U holda modullashtirish paytidagi lampani quvvati

$$P_{1nom} = 0,5P_{1max}E_{Mnom}/E_{Mtyx} \text{ ni tashkil etadi.}$$

$E_{Mtyx} = E_{Mnom}$ bo‘lganda, anoddan ajralib chiqayotgan sochish quvvati $P_{soch}=0,75P_{K\ max}$ ni tashkil etadi. Tranzistorlar uchun esa kollektor kuchlanishini va toklarni oniy qiymatini qisqa vaqt ichida oshishi o‘ta xavfli hisoblanadi, chunki tranzistor ishdan chiqishi mumkun. Shuning uchun tranzistorni nominal quvvati maksimal ish holatdagi quvvatga teng bo‘lishi kerak. $P_{1nom} = P_{1max}$, $E_{Mnom} = E_{Mmax}$. Kollektorli mod-

ulyatsiyali kaskadni hisoblash uchun $P_{1\text{ nom}}$ quvvat ,modullashtirish koef-
fitsiyenti m va aktiv element turi berilgan bo‘lishi kerak.

Radiosignallarda modulyator deb uzatilishi kerak bo‘lgan xabarni
kerakli darajagacha (P_{Ω}) kuchaytiruvchi kuchaytirgichni chiqish
kaskadiga aytiladi. Odatda buning uchun ikki taktli kuchaytirgichlar ish-
latiladi.

Modulyatorni va modulyatsiyalanuvchi kaskadni umumiy F.I.K.
quyidagicha topiladi:

$$\eta_{\text{umum}} = P_{1\text{ mod}}/P_{0\text{ haq}}.$$

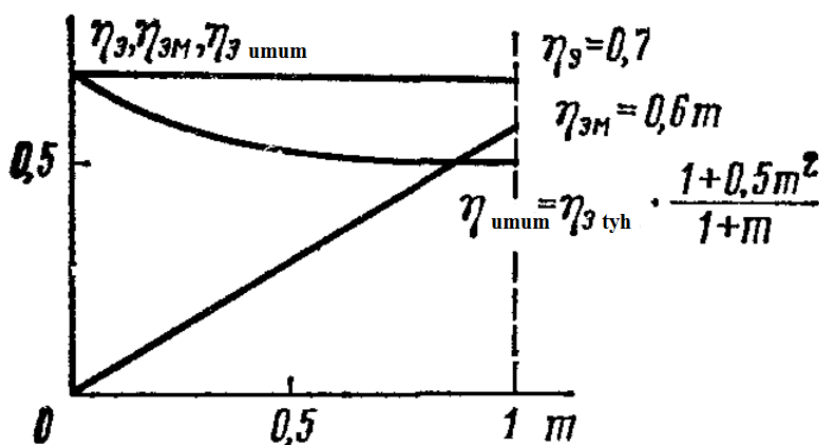
Bu yerda $P_{0\text{ haq}}$ modulyatorni va modulyatsiyalanuvchi kaskadni
manbadan olayotgan quvvati:

$$P_{0\text{ haq}} = P_{0\text{ tyh}} + P_{M0} \approx P_{0\text{ tyh}}(1 + m);$$

$P_{0\text{ haq}} = P_{0\text{ tyh}} + P_{M0} \approx P_{0\text{ tyh}}(1 + m)$ va $P_{0\text{ haq}} = P_{0\text{ tyh}} = I_{k0\text{ tyh}}E_{m\text{ tyh}}$ Ifoda-
larni $\eta_{\text{umum}} = P_{1\text{ mod}}/P_{0\text{ haq}}$ ga qoyib umumiy foydali ish koefitsiyenti
uchun formulani aniqlaymiz:

$$P_{0\text{ haq}} = P_{1\text{ tyh}}(1 + 0,5m^2)/P_{0\text{ tyh}}(1 + m) = \eta_{\text{etyh}}(1 + m^2)/(1 + m)$$

Bu yerda $\eta_{\text{etyh}} = P_1/P_{0\text{ tyh}}$ umumiy F.I.K. ti modullashtirish koefitsiy-
entiga bog‘lik va bu 2.9-rasmda yaqqol ko‘rinib turibdi.

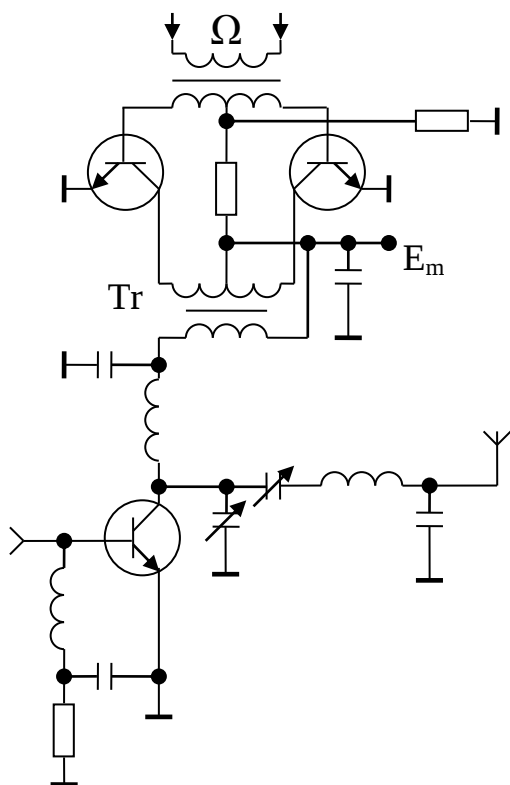


2.9- rasm. Energetik kursatkichlarga modulyatsiya koefitsien-
tini ta'siri.

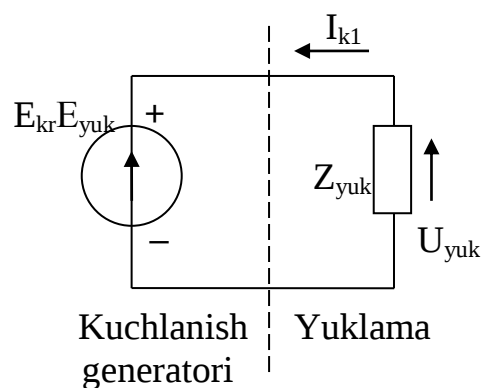
Modulyatsiya koeffitsiyenti m oshishi bilan η kamayadi. $m_{o'r}=0,3$ bo'lganda, $\eta_{o'r} \approx 0,56$ bo'ladi va siljish kuchlanishi orqali bo'ladigan modulyatsiyaga nisbatan ancha yuqori bo'ladi. Shuning uchun kollektorli modulyatsiyani chiqish kaskadida qo'llash kerak.

Modulyatsiya qiluvchi kaskad sxemasini tuzishda kollektor zanjiridagi E_{Mtyx} kuchlanish manbasini, modulyatorning U_{Ω} kuchlanish manbasiga ketma-ket ulanishini nazarda tutish kerak.

Tranzistorni kollektoridagi modulyatsiya sxemasi 2.10-rasmda keltirilgan. Modulyatsiyalanuvchi kaskadda ikki taktli modulyator ishlatilgan. Modulyatsiyalanuvchi kaskadga kuchlanish modulyator transformatorini ikkilamchi cho'lg'ami orqali uzatiladi. Yuqorida qayt qilingandek quvvat kuchaytirgich O'.K.X da ishlaydi va yuklama o'zgarganda, uni kuchlanish generatori deb qarash mumkin va $U_H = \xi_{KP} \cdot E_M$ bo'ladi. Bunday quvvat kuchaytirgichini ekvivalent sxemasi 2.11-rasmda keltirilgan.



2.10-rasm. Tranzistorni kollektorida modulyatsiyani amalga oshirish sxemasi.



2.11-rasm. Kuchaytirgichni ekvivalent sxemasi.

Bu sxemadan ko‘rinib turibdiki kollektor toki I_K manba kuchlanishiga va yuklama qarshiligiga bog‘liq bo‘ladi, lekin kuchlanish generatorini ampilitudasi $\xi_{kr}E_m$ yuklama qarshiligiga bog‘liq bo‘lmaydi. Bir konturli MZ ishlatilganda, antennadagi tokni modullashtirish koef-fitsiyenti yuklamadagi kuchlanishni modullashtirish koef-fitsiyenti bilan bir xil bo‘ladi, ya’ni MZ deyarli buzqlik kiritmaydi. Ammo I_{K1} tokni modullashtirish koef-fitsiyenti va u bilan sinfaz o‘zgarayotgan tok $I_\Omega = mI_{k0tyx}$ moslovchi zanjirni chastota xususiyatlariga bog‘liq bo‘ladi. Yuqori chastotalar uchun $\Omega \rightarrow \Omega_{max}$ modulyator yuklamasi aktiv xarak-tyerdan (R_Ω) kompleks xarakterga $Z_\Omega(\Omega)$ o‘tadi va moduli bo‘yicha kamayadi. Buni natijasida modulyatordan antennaga bo‘lgan zanjirni chastota xarakteristikasi, siljish kuchlanishi orqali bo‘ladigan mod-ulyatsiyanikiga o‘xshaydi. Ikki konturli MZ larda tovushni yuqori chastotalarida chastota xarakteristikasi bir muncha ko‘tarilishi mumkin.

2.8. Bir polosali modulyatsiya

Bir polosali AM modulyatsiyada radioaloqa qilish ikki polosali ampilitudali modulyatsiyaga qaraganda ancha qulaydir. Shuning uchun bir polosali modulyatsiya (BPM) turli radosistemalarda va ko‘p kanalli radioaloqa qilishda keng qo‘llaniladi. BPM da tashuvchi va uni bitta yon tashkil (yqo‘ri yki quyi) etuvchisi yo‘q qilinadi. Radioaloqa bitta yon chastotada amalga oshiriladi, shuning uchun antennadagi tok garmonik qonun bo‘yicha o‘zgaradi.

$$i_A = I_{Ayon} \cos(\omega_0 + \Omega)t$$

I_A yon tashkil etuvchisi tokini amplitudasi, modulyatsiya koef-fitsiyentiga bog‘liq bo‘ladi va modullashtirish davrida o‘zgarmaydi. Bu esa I_A yon tashkil etuvchi tokni antenadagi tokning maksimal qiymatigacha oshirish imkonini beradi.

$$I_{Ayonmaks} = mI_{Amaks} = mI_{Atyh}(1 + m)$$

Qabul qiluvchi qurilmani chiqish qismidagi foydali ko‘rsatkichni oshishi mI_{Atyx} to‘liq ampilitudasi ya’ni yon chastotalarning vektorlarini

yig'indisi hisobiga bo'ladi. Qabul qiluvchi qurilmani chiziqli detektoridagi foydali signal AM paytida mI_{Atyx} ga proporsional bo'g'liq bo'ladi.

$$U_{detAM} = kmI_{Atyh}$$

Bu yerda k - proporsionallik koeffitsiyenti.

Bir polosali modulyatsiyada detektorni chiqishidagi signal $U_{DET BPM} = kmI_{Amax} = kmI_{Atyx}(1+m)$; ga teng va kuchlanishi bo'yicha yutuq $U = U_{det BPM} / U_{det AM} = 1+m$ marta, quvvat bo'yicha esa $(1+m)^2$ marta ko'p bo'ladi. Masalan: $m = 1$ da kuchlanishi bo'yicha yutuq ikki, quvvati bo'yicha esa 4 marta ko'p bo'ladi. Bundan tashqari signal spektri ikki marta kopayadi, bu esa signal-shovqin nisbatini $\sqrt{2}$ marta kuchlanish bo'yicha va 2 marta quvvat bo'yicha ko'paytirish imkoniyatini beradi. Demak quvvat bo'yicha umumiy yutuq oddiy AM ga nisbatan 8 marta ko'p bo'ladi. Buni asosiy sababi AE ni quvvat bo'yicha yaxshi ishlatilishi va qabul qiluvchi qurilmani o'tkazuvchanglik oralig'ini (polosa kengligini) kamayishidir. Odatda tashuvchi va ikkinchi yon tashkil etuvchi signal 40 db gacha kamaytiriladi. BPM li quvvat kuchaytirgich energetik jihatidan ancha tejamkor bo'ladi. Kollektor zanjiridagi tokni birinchi garmonikasi

$$i_{k1} = I_{k1yon} \cos(\omega_0 + \Omega) t \quad \text{ga teng.}$$

Kollektor tokini doimiy tashkil etuvchisi tokni birinchi garmonikasi bilan quydagicha bog'langan: $I_{k0max} = I_{k1max} / g_1(\theta)$, shuning uchun $I_{k0} = mI_{k0max}$. Kollektor zanjiri ishlab chiqarayotgan va manbadan olinayotgan quvvat:

$$P_1 = m^2 P_{1max} ; \quad P_0 = m P_{0max} .$$

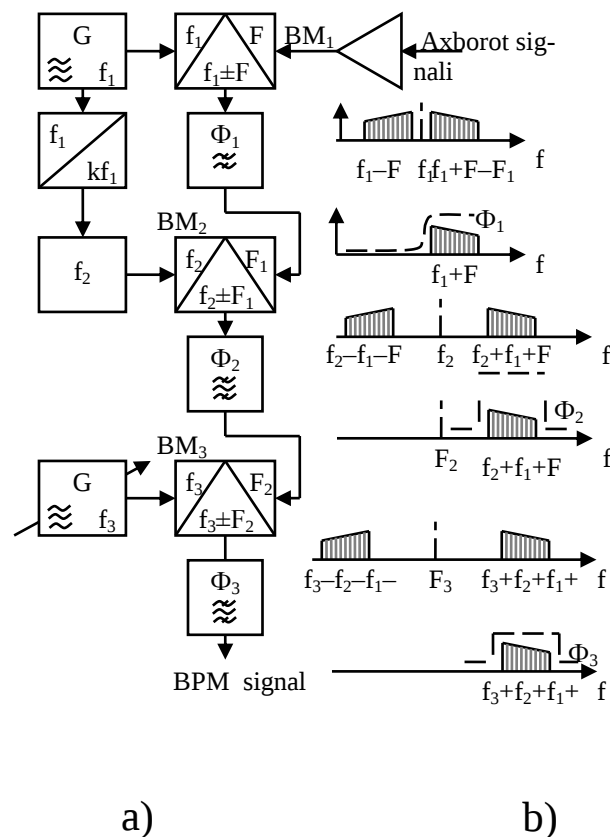
Bundan ko'rinib turibdiki BPMli quvvat kuchaytirgichi - manbadan o'zgaruvchan quvvat oluvchi qurilmadir. Bu o'zgaruvchan quvvat uzatlaytgan xabarga, yoki modullashtirish koeffitsiyentiga proporsional bo'ladi. Tovush yo'q bo'lgan holda bu quvvat eng kam qiymatga va F.I.K. modulyatsiya koeffitsiyentiga proporsional bo'ladi.

$$\eta_0 = \frac{P_1}{P_0} = m \frac{P_{1max}}{P_{0max}} = m \eta_{max}$$

Shunday qilib bir polosali (BPM) radiosignallarni uzatuvchi qurilmalar (RSUQ) quvvat bo'yicha katta yutuqqa ega, tejamkor va ularni band qiladigan chastota oralig'i ancha kichik bo'ladi. Ularni asosiy kamchiliklari: tashuvchi signal chastotasining turg'unligi ancha katta bo'lishi kerak, SMX si chiziqliligiga talab yuqori va radiosignallarni uzatuvchi qurilmalar nisbatdan murakkab bo'lishidir.

BPM orqali ishlaydigan RSUQ lar ko'p kaskadli sxema asosida quriladi. BPM signal kam quvvatli avtogeneratorlarda ishlab chiqiladi, so'ngra esa, kerakli miqdorgacha keyingi kaskadlarda kuchaytiriladi. Bu kaskadlardagi chiziqli buzuqliliklarni kamaytirishi uchun, ular kesish burchagi $\theta = 90^\circ$ bo'lgan ish holatida ishlaydilar. Bir polosali signalarni ishlab chiqish usuli bilan tanishib chiqamiz. Odatda tashuvchi va ikkinchi yon chastotaning tashkil etuvchisini filtr yordamida yo'qotish amalda deyarli qo'llanilmaydi.

Amalda ko'p qo'llaniladigan usullardan biri qayta balans modulyatsiya usulidir (2.12)-rasm.



2.12-rasm. Qayta balansli modulator sxemasi:
a-struktura sxemasi, b-diagrammasi.

Balans modulyatorlar (BM) AM to'liqlar tarkibidan tashuvchi signalni yo'q qilish imkoniyatini beradi. Balans modulyator sifatida ikkita modulyatsiyalanuvchi kaskad ishlashi mumkin va ular bitta umumiy yuklamaga ishlaydi. Agar yuklamada AEni toklari qo'shilishsa, u holda kaskadlarni past chastotali kuchlanish bilan bir xil fazali qilib modulyatsiya qilish kerak. Yuqori chastotali kuchlanishlarni esa har-xil qarama-qarshi fazada modulyatsiya qilish kerak. Ko'p hollarda 4 ta diodda yig'ilgan BM qo'llaniladi. Qayta balans modulyatsiya usulida yuqori va quyi yon chastotalar orasidagi farq asta-sekin ko'paytiriladi, bu esa tashuvchi signal yo'q bo'lganda filtrlash masalasini ancha engillashtiradi.

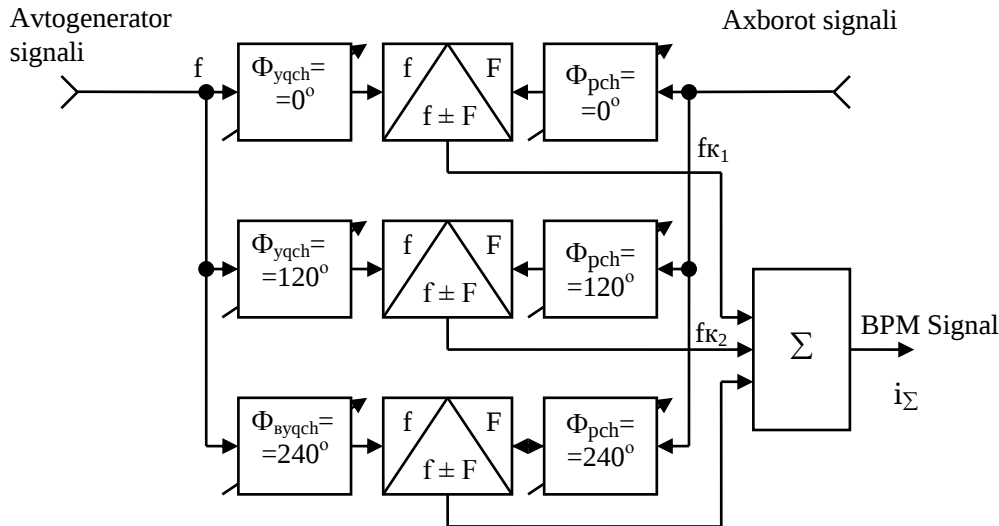
Bunday qurilmadagi balans modulyatori BM 1 ga modulyatsiya qiluvchi signal F va chastota bo'yicha pasaygan tashuvchi signal f_1 beriladi. BM 1 chiqishidagi ikki yon tashkil etuvchilar f_1+F va f_1-F lar ajralib chiqadi, tashuvchi signal yo'q qilinadi. F_1 filtr yuqori yon chastotali signali ajratib oladi. Filtrlashni yaxshilash uchun f_1/F nisbati 10 ga yaqin qilib olinadi, ya'ni $f_1/F \approx 10$. BM2 ga chastota bo'yicha kattaroq bo'lgan tashuvchi signal $f_2 = kf_1$ va F_1 filtrdan chiqayotgan signal beriladi. BM2 chiqish signali spektorida yon chastotalar oralig'i $2f_1$ ni tashkil etadi. f_2/f_1 nisbatni shunday tanlash kerakki, chiqish signalini oddiy filtrlar yordamida tozalash mumkin bo'lishi kerak. BM3 ga f_3 signal dipazonli generatoridan va F_2 ni chiqish qismidan yuqori yon chastotali f_2+f_1+F beriladi.

Ishlatilgan yon chastota turg'unligini oshirish uchun f_1, f_2, f_3 signallar kvars generatorlardan olinadi.

Bu usulni asosiy kamchiligi shundan iboratki, unda BM va filtrlar soni ko'p va ancha murakkab bo'ladi. Bundan tashqari kerak bo'lmagan chastotalarni paydo bo'lishiga olib keladi va uni ishiga salbiy ta'sir ko'rsatadi.

BPM ni olishni boshqa usuli faza kompensatsiyali deb ataladi (2.13-rasm). Bu usulda avtogeneratorda to'rta kanal bo'lib, ularda umumiy yuklamaga ishlaydigan oddiy amplitudali modulyatsiyali kaskadlar bo'ladi. Agar ularning ta'sir qiluvchi signal fazasini $\varphi = \frac{2\pi}{N}$ burchagi farq qilsa, umumiy yuklamada tashuvchi signallar o'zaro kompensatsiya qilinadilar va chiqishda tashuvchi signal bo'lmaydi. Signallar fazasi maxsus faza aylantirgichlarda φ burchakga suriladi. Bundan tashqari modulyatsiya qiluvchi kuchlanishlar ham bir-biriga nisbatan φ burchakga

siljigan bo'lsa, umumiy yulamada bitta yon tashkil etuvchilar kompensatsiya qilanadilar, ikkinchisi esa arifmetik tarzda qo'shiladilar. Qaysi yon chastotani yo'q bo'lishi φ burchakni ishorasiga bog'liq bo'ladi. Amalda odatda uch va to'rt fazali sxemalar qo'llaniladi.



2.13 rasm. Bir polosali signalni fazakompensatsion usulida ishlab beruvchi qurilma.

Uch fazali sxemada (2.13- rasm) fazalar siljishi $\varphi=2\pi/3$ bo'ladi. Sxema to'liq simmetrik bo'lganda har bir modulyatsiya qilinuvchi kaskadni kollektor toklari quyidagicha bo'ladi:

$$i_{k1} = I_{k1tyh}(1 + m \cos \Omega t) \cos \omega t ,$$

$$i_{k2} = I_{k1tyh} \left(1 + m \cos \left(\Omega t + \frac{2\pi}{3} \right) \cos(\omega t + 2\pi/3) \right)$$

$$i_{k3} = I_{k1tyh} \left(1 + m \cos \left(\Omega t + \frac{4\pi}{3} \right) \cos(\omega t + \frac{4\pi}{3}) \right)$$

va umumiy tok quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$i_{\Sigma} = i_{k1} + i_{k2} + i_{k3} = 3/2 m I_{K1 tyh} \cos(\omega - \Omega)t$$

yani uchta quyi yon chastota tok yig'indisidan iborat bo'ladi. Bu usul bilan ishlaydigan BPM qurilmada nochiziqli buzuqliklar nisbatan kam bo'ladi, chunki nochizqli o'zgarishlar soni kam. Kamchiligi tashuvchi va kerak bo'lmagan yon tashkil etuvchi signallarni pasaytirish 40 db dan oshmaydi.

Shunday qilib, BPMli signalni olish uchun ancha murakkab qurilmalar ishlatishga to'g'ri keladi. Ular asosan ko'p kanalli radioaloqa qilishda ishlatiladi. Bu holda har bir uzatilishi kerak bo'lgan xabar BPM signalga aylantiriladi va chastota bo'yicha bir-biridan farq qilishadi, keyin esa bu signallar qo'shilishib RUQ ni avtogeneratorini modulyatsiyalangan umumiy signaliga aylantiriladi. Bunday chastotata bo'yicha ajratilgan kanallari bo'lgan sistemalar bir necha yuz telefon xabarlarini uzatishi mumkin.

Nazorat savollari

1. Modulyatsiya deganda nimani tushunasiz?
2. Amplitudali modulyatsiya spektrida nechta tashkil etuvchi bor?
3. Qanday signal bir polosali deyiladi?
4. Chastota oraligi deganda nimani tushunasiz ?
5. ChM to'lqinlar uchun band qilingan chastota oralig'i uchun qanday ifoda o'rinli bo'ladi.
6. ChM va FM signallarda bo'ladigan buzuqliklarni aniqlash uchun qanday xarakteristikalaridan foydalaniladi?
7. AM modulyatsiyali radiouzatuvchi qurilmalarni ishlatish sohalarini keltiring.
8. AM modulyatsiyani ish holatlari necha xil bo'ladi?
9. Tovush yo'q bo'lgan holatni tushuntiring.
10. Telefonli ish holatini tushuntiring.
11. Siljish kuchlanishiga hisobiga buladigan modulyatsiyani tushuntiring.
12. Kollektorli modulyatsiya nima?
13. Statik modulyasion xarakteristikani chizing va tushuntiring
14. Kollektorli modulyatsiyaning foydali ish koeffitsiyenti qanday bo'ladi?
15. Kollektorli modulyatsiyani qanday afzalliklarini bilasiz?
16. Modulyator qanday qurilma?
17. Kollektorli modulyatsiyada aktiv elementlar qanday tanlanadi?
18. Bir polosali modulyatsiyani tushuntiring.
19. Bir polosali modulyatsiyani foydali ish koeffitsiyenti nimaga teng?
20. Band qilingan chastota oralig'i nimaga teng?

21. Balans modulyatorini struktura sxemasini keltiring va ish uslubini tushuntiring.

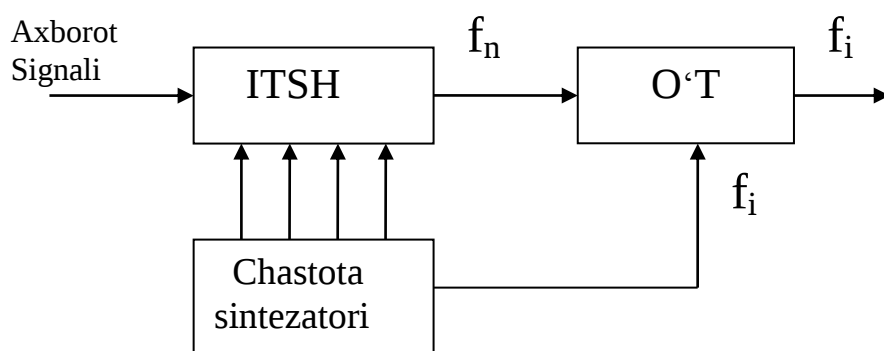
22. Bir polosali modulyatsiyani kamchiligi nimadan iborat?

3. RADIOSIGNALLARNI UZATUVCHI QURILMALARNING TASHUVCHI SIGNAL GENERATORLARI VA CHASTOTA SINTEZATORLARI

3.1. Qo'zg'atgich haqida ma'lumotlar

Har qanday radiouzatish qurilmasi tarkibiga uning tebranishlar chastotasini belgilaydigan qo'zg'atkich kiradi. Zamonaviy radiouzatgich qo'zg'atgichi murakkab va qimmatbaho qurilma bo'lib, u belgilangan chastotali bir yoki bir necha kogerent tebranishlarni ishlab chiquvchi chastotalar sintezatoridan (CHS), tashuvchi chastotlarda ish turini shakllantirgichdan (ITSH) va shakllangan tebranishlarni ishchi chastotalar diapazoniga o'tkazish traktidan (O'T) tashkil topadi (3.1-rasm).

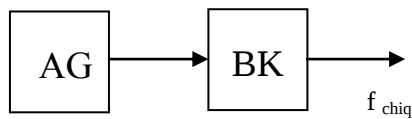
Bundan tashqari ko'pgina qo'zg'atgichlar tarkibiga avtonom ta'minot manbai mavjud bo'ladi. Shuni ta'kidlash lozimki, cheklangan chastotalarda ishlovchi oddiy radiouzatgichlarda sintezator bo'lmasligi mumkin. Bu holatda qo'zg'atgich bir yoki bir necha yuqori stabil kvarsli generatorlardan tashkil



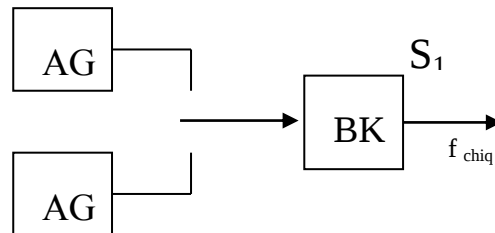
3.1-rasm. Radiosignallarni uzatuvchi qurilmalarni qo'zg'atgichini strukturaviy sxemasi.

topadi. Eng oddiy hollarda, radiouzatuvchi qurilma bitta ish

chastotasida (f_i) ishlaganda qo'zg'atuvchi sifatida ketma-ket ulangan kvarsli avtogenerator va bufer kaskadi tushuniladi 3.2- rasm. Qo'zg'atuvchining ish chastotasini soni uncha katta bo'lmagan taqdirda, qo'zg'atuvchi sifatida bir nechta avtogenerator yoki bitta avtogenerator hamda bir nechta kvarslar ishlatilishi mumkin. Bu holda bir ish diapazonidan ikkinchisiga o'tilganda jilgichlar (S) (pereklyuchatel) ishlatiladi.



3.2- rasm. Oddiy o'zg'atuvchi.



3.3-rasm. "Kvars-volna" turidagi qo'zg'atuvchi.

Bunday qo'zg'atuvchilarni «Kvars- Volna» turidagi qo'zg'atuvchi deb ataydilar. Bunday turdagi qo'zg'atuvchilarni ish chastotasining soni bu holda 10 dan oshmaydi.

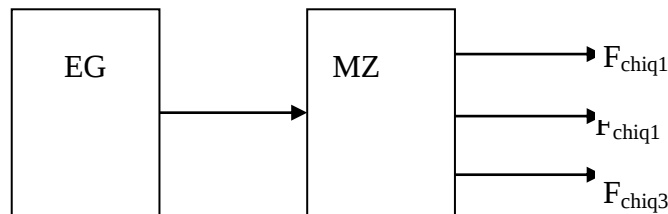
Radiouzatgich qo'zg'atgichlari quyidagi asosiy parametrlar bilan xarakterlanadi: ishchi tebranishlarning chastotalar diapazoni, ishchi chastotalarni o'zgarish xarakter (diskret yoki tekis), chastotalarni umumiy soni (yoki chastota qadami), chastota va fazaning nostabilligi, yon tashkil etuvchilarni darajasi, qo'zg'atgichni boshqarish xarakteristikasi (qo'l yordamida yoki masofadan turib), qayta sozlashni inertligi, berilgan yo'qlama qarshiligida chiqish kuchlanishi, qo'zg'atkichda shakllanadigan ish turi, shakllangan ish turlarining sifat ko'rsatkichlari va ekspluatatsiya sharoitlari.

Zamonoviy qo'zg'atgichlar odatda $10^{-6} \dots 10^{-7}$ nostabillik darajasidagi ishchi chastotalarni (20...30ming va ko'proq) taminlab beradi.

3.2. Chastotalar sintezatori

Diapazonli radiosignallarni uzatuvchi qurilmalarda va chastota turg'unligi ($\Delta f/f$) ga talab katta bo'lganda, qo'zg'atuvchilar sifatida chastota sintezatorlari ishlatiladi. Chastota sintezatori shunday

qurilmak u yuqori chastotali radioto‘lqinlarni, bitta yoki bir nechta chastota turg‘unligi ($\Delta f/f$) katta bo‘lgan etalon generator (EG) signalidan ishlab beradi 3.4- rasm.



3.4- rasm. Chastota sintezatorini struktura sxemasi.

Odatda EG sifatida kvarsli avtogenerator (AG) ishlatiladi. Bunday avtogeneratorlarni chastota turg‘unligi $\Delta f/f = 10^{-4}-10^{-7}$ ni tashkil etadi. Professional radiosignallarni uzatuvchi qurilmalarda qo‘zg‘atuvchi sifatida kvant standartlari (lazer generatori) ishlatiladi. Ularni chastota turg‘unligi $\Delta f/f = 10^{-9}-10^{-13}$ ni tashkil etadi. Chastota sintezatorlari (CHS) radiosignallarni qabul qiluvchi qurilmalarda geterodin sifatida, uzatuvchi qurilmalardalarda qo‘zg‘atuvchi sifatida va nazorat - o‘lchov asboblari ishlatilishi mumkin. AG larni signalining fazasini boshqarish usuli bilan sinxranizatsiya qilinganda chastota sintezatori o‘zgaruvchan generator bo‘lib xizmat qilishi mumkin. Bunday generatorlarni chastotasi maxsus kod signali orqali boshqariladi.

Oldindan aytganimizdek, belgilangan chastotali bir yoki bir necha kogerent tebranishlarni ishlab beruvchi chastotalar sintezatori qo‘zg‘atgichni asosiy elementi hisoblanadi. Shuning uchun faqat chastotalar sintezatori ko‘p hollarda qo‘zg‘atgich parametrlarini butunlay belgilab beradi. Chastotalar sintezatorida chiqish ishchi signali yuqori stabil tayanch avtogeneratori chastotasidan hosil qilinadi. Bunday holatlarda chastota sintezatori to‘g‘ridan – to‘g‘ri (bevosita) yoki bilvosita sintez usullari yordamida amalga oshiriladi.

Chastota sintezatorlarining asosiy parametrlariga quyidagilar kiradi:

1. Ish diapazoni $f_{\min} - f_{\max}$. Odatda ikki xil chastota sintezatori qo‘llaniladi. Qoplovchi koeffitsiyenti kichik bo‘lgan $k_f = f_{\max}/f_{\min} < 1,2$ va qoplovchi koeffitsiyenti katta bo‘lgan $k_f = f_{\max}/f_{\min} > 1,2$. Ikkinchi turdagi chastota sintezatorlari keng diapazonli deyiladi.

2. Chastota qadami F_c va chastota hajmi $N = (f_{\max}-f_{\min})$. Chastota

qadami $N=(f_{\max}-f_{\min})/F_c+1$ har xil vazifani bajaruvchi chastota sintezatorlarida 10 dan 10^4 - 10^5 gacha bo'ladi. Chastota qadami esa 0,1 Gs dan 10 kGs ga bo'lishi mumkin.

3. Nisbiy chastota turg'unligi $\Delta f/f$. Chastota turg'unligi qisqa va uzoq muddatli bo'lishi mumkin. Qisqa muddatli $\Delta f/f$ turg'unlik vaqti $t_t < 1s$ kuzatiladi. Uzoq muddatli chastota turg'unligi $\Delta f/f$ $t_t > 1s$ da kuzatiladi. Oddiy chastota sintezatorlarida EG sifatida KAG (kvarsli avtogenerator) ishlatiladi va uni chastota turg'unligi $\Delta f/f = 10^{-4}$ - 10^{-7} ni tashkil etadi. Murakkab va talab katta bo'lgan CHS larida kvant standartlari ishlatiladi va ularni chastota turg'unligi $\Delta f/f = 10^{-9}$ - 10^{-13} ni tashkil etadi.

4. Kerak bo'lmagan to'lqinlarni so'ndirish ko'effitsiyenti $D=10lg(P_p/P_{kbb})=20lg(U_p/U_{kbb})$ ifoda bilan aniqlanadi.

Bu ko'effitsiyent ish chastotaning quvvatini P_p ni, kerak bo'lmagan to'lqin quvvatiga nisbatini ko'rsatadi. Kerak bo'lmagan to'lqinlarni spektri uzluksiz yoki diskret xarakterga ega bo'lishi mumkin. Ular asosan AG ni issiqlik shovqini va tarmoq kuchlanishini foni hisobiga bo'lishi mumkin. Talab qilingan normaga asosan $D > 40-60$ db ni, maxsus hollarda $D > 100$ db dan oshiq bo'lishi mumkin. Chastota qadami F_c juda kichik bo'lganda, qo'shni garmonikalardan filtratsiya qilish juda qiyin bo'ladi.

5. Bir ish chastotasidan ikkinchisiga o'tish vaqti. Bu parametr tez ishlovchi qurilmalar uchun juda zarur.

6. Chastota sintezatorining ning chiqish qismidagi quvvat P_{chiq} . Odatda bu quvvat 1-10 mW dan oshmaydi, chunki yuqorida bayon qilingan parametrlarni amalga oshirish kichik quvvatda osonroq bo'ladi. Kerak bo'lgan quvvat esa keyingi kaskadlarda kerakli miqdorgacha kuchaytiriladi.

Chastota sintezatorlari ikki xil bo'ladi:

1. *Bevosita chastota sintezatorlari*. Bunday qurilmada chiqish signali etalon generator signalidan to'g'ridan-to'g'ri sintez qilinadi. Kerakli chastota tor polosada ishlovchi filtr orqali ajratib olinadi.

To'g'ridan – to'g'ri sintez usuli asosida tuzilgan chastota sintezatorlarida chiqish tebranishlari tayanch etalon chastotasini qo'shish, ayirish, ko'paytirish va bo'lish amallari orqali hosil qilinadi.

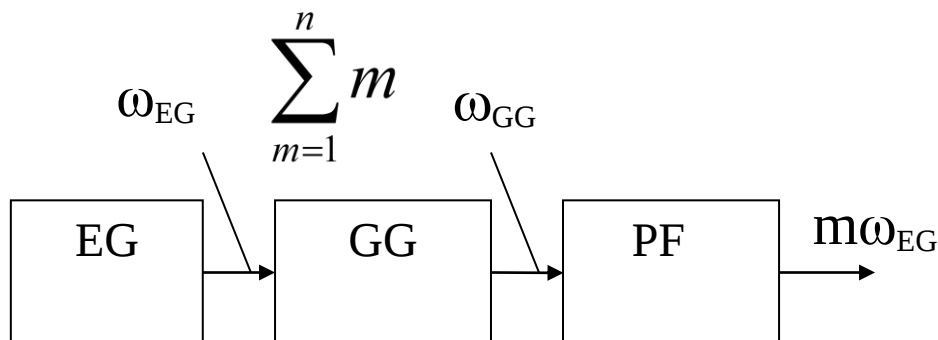
2. *Bilvosita ishlovchi chastota sintezatorlari*. Bunday chastota sintezatorlarilarda chiqish signali yordamchi generator yordamida ishlab chiqiladi va uni chastotasi EG chastotasi bilan taqqoslanib

turiladi. Bu fazani avtomatik boshqarish sistemalari (FABS) orqali boshqarib turiladi.

3.3. Bevosita chastota sintezatorlari

Bevosita chastota sintezatorlarida chiqish signali etalon generator signalidan to'g'ridan-to'g'ri sintez qilinadi. To'g'ridan-to'g'ri sintez qilish usulida chiqish signali etalon generator (EG) signalini oddiy arifmetik operatsiyalar: ko'paytirish, bo'lish, qo'shish, ayirish orqali o'zgartiriladi. Ko'paytirishni m marta bajarib, bo'lish amalini n marta bajarib (m va n butun sonlar) har xil kombinatsiyali signallar olish mumkin. Bular turkumiga mf_{eg} , f_{eg}/n , mf_{eg}/n va boshqalar kiradi. Agar m_i va n_i larni doimiy butun sonlar deb hisoblansa chastota turg'unligi $\Delta f/f_{chiq}$ bo'ladi. Bunday sintezatorlarda chastota turg'unligi EG ni chastota turg'unligiga teng bo'ladi.

Oddiy chastota sintezatorlarini ko'rib chiqamiz. Bu sintezatorda chiqish signali chastotani ko'paytirish usuli asosida o'zgartiriladi. Bu sintezatorni strukturaviy sxemasi 3.5- rasmda keltirilgan.



3.5-rasm. Bevosita ishlovchi sintezatorni strukturaviy sxemasi.

Bu yerda EG – etalon generator

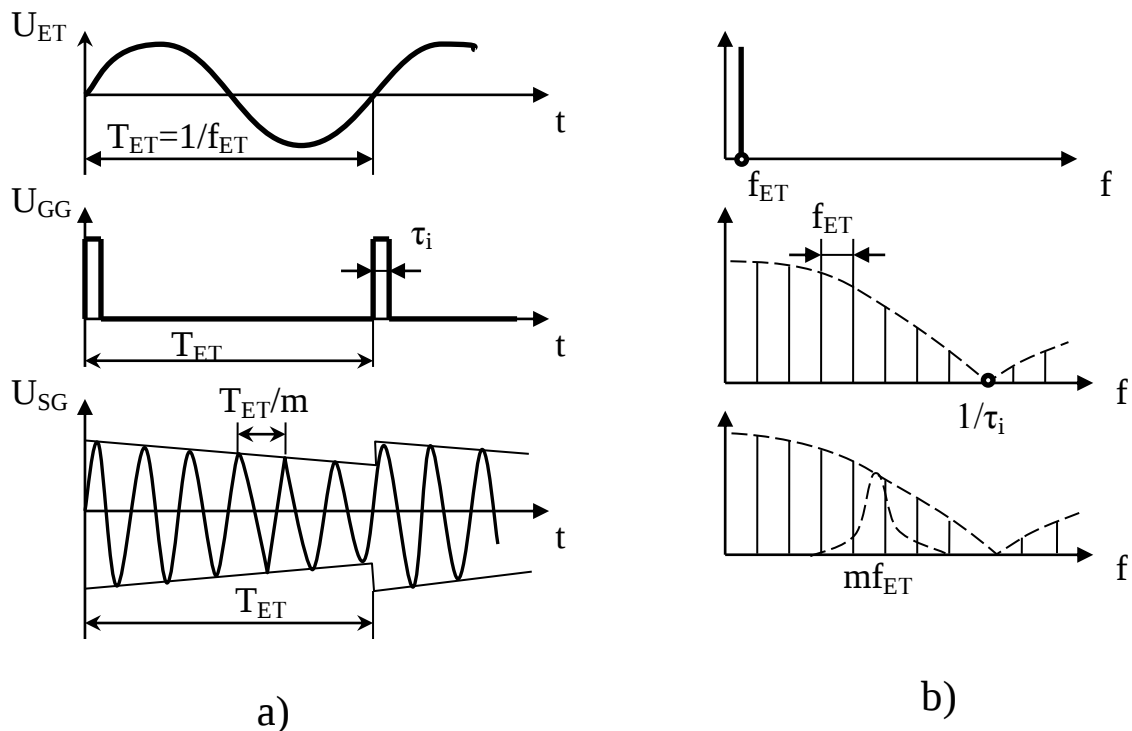
GG – garmonikalar generatori

PF- polosali filtr

Chastota sintezatorini vaqt bo'yicha va spektr diagrammalari 3.6-rasmda keltirilgan.

Maxsus o'zgartirgich garmonikalar generatori (GG) sinusoidal signalni qisqa to'rt burchakli impulska aylantirib beradi. Agar impulslarni davomiyligi $\tau_i \ll T_i = 1/f_{eg}$ bo'lsa, u holda ularni spektrida juda ko'p garmonikalar bo'ladi. Polosali filtr (PF) yordamida tor kerakli garmonika ajratib olinadi. Bunday oddiy chastota sintezatorlarining

asosiy kamchiligi shundaki, polosali filtrni (PF) chiqishidagi kuchlanish faqat asosiy garmonikaning toki bilan emas, balki qo'shni garmonikalar toki bilan ham aniqlanadi. 3.6- rasm. Bu qo'shni garmonikalar polosali filtrdan o'tib ketadi, chunki o'zgaruvchan filtrni polosa kengligi nisbatan keng bo'ladi.



3.6-rasm. Bevosita chastota sintezatorini: a-vaqt , b- spektr diagrammasi

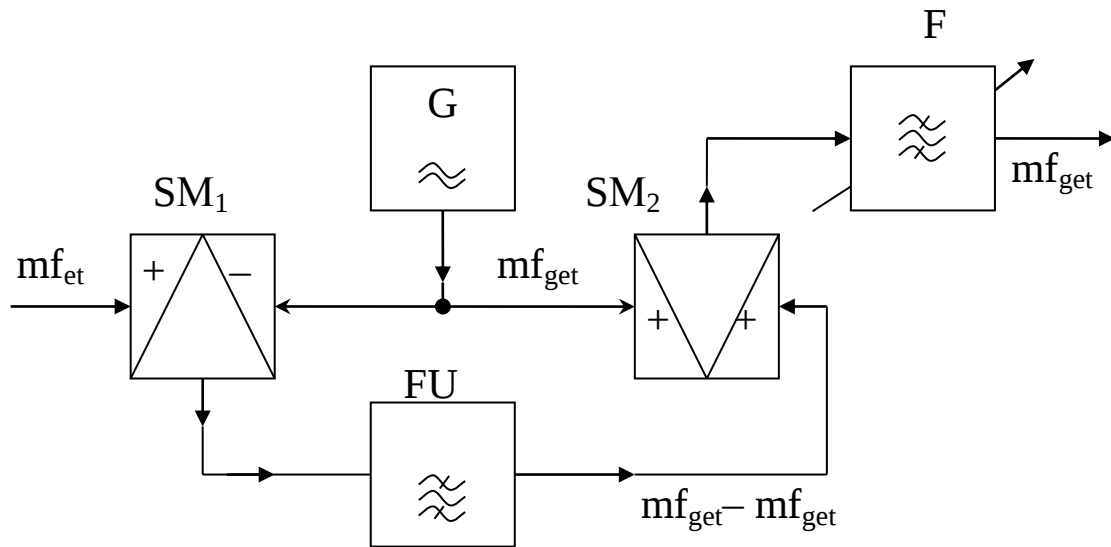
Bu qo'shni garmonikalar, chiqish signalida $T_{eg}=1/f_{eg}$ kurinishidagi davriy pulsatsiya paydo qiladi. Bir chastotadan ikkinchisiga o'tganda va kerakli garmonikani tanlashda, PFni o'tkazuvchanglik kengligini tor qilish kerak. Lekin bu ancha murakkab ishdir. Bu masalani yechish uchun ikki xil usul qo'llaniladi:

1. Chastotani ikki marta o'zgartirish usuli.
2. AG signalini fazani avtomatik boshqarish sistemasi (FABS) bilan sinxronizatsiya qilish.

Bu usullarda garmonikalarni tanlash oddiy filtr orqali amalga oshiriladi. Bu filtr PF tarkibida bo'ladi.

Chastotani ikki marta o'zgartirib ishlaydigan sintezatorlarda chastota ikki marta o'zgartiriladi. Birinchi marta SM1 aralashtirgichda chastotalar ayirmasi hosil qilinadi. Ikkinchi marta CM2 aralashtirgichda chastotalar

yigʻindisi hosil qilinadi. Sintezatorni struktura sxemasi 3.7- rasmda keltirilgan.



3.7 rasm. Chastotani ikki marta oʻzgartirib ishlaydigan sintezatorni struktura sxemasi.

SM1- ayirma hosil qiluvchi aralashtirgich

G- yordamchi generator

SM2 - yigʻindi hosil qiluvchi aralashtirgich

FU – tor polosada ishlovchi filtr

F – oʻzgaruvchan filtr

SM1 aralashtirgichga (smesitelga) ikkita radiosignal keladi:

Garmonikalar selektori (SG)

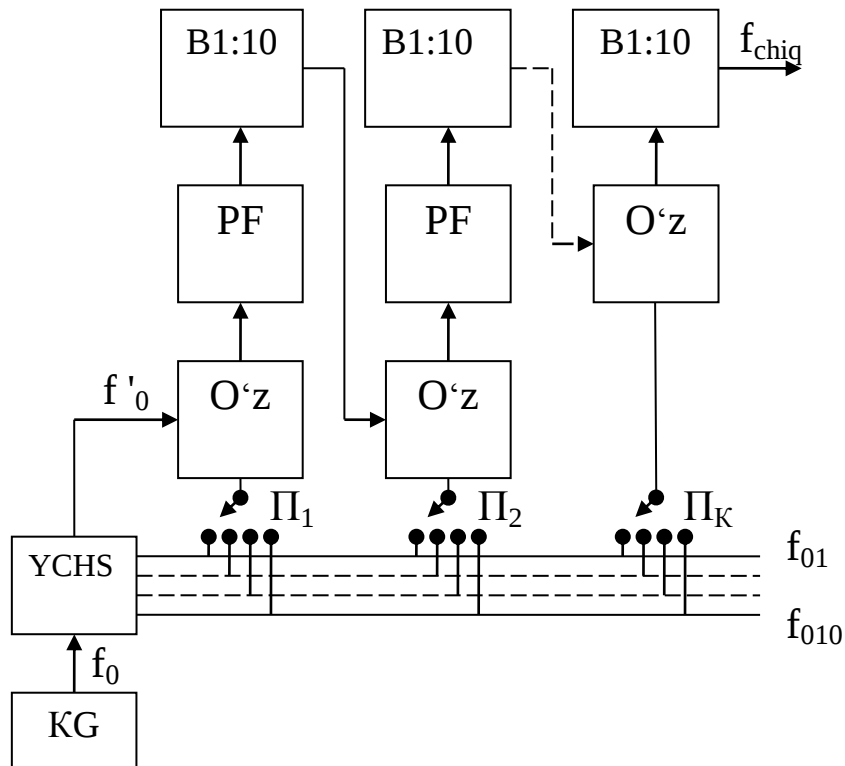
Yordamchi generator (G)

SM1 aralashtirgichda etalon generator (EG) dan kelayotgan hamma garmonikalar chastotasi yordamchi generator (G) chastotasiga nisbatan pasaytiriladi. Yordamchi generator vositasida SM1 aralashtirgichdan chiqayotgan signal chastotasi $mf_{eg}-f_{get}$ tor polosada ishlovchi filtrni (FU) oʻrta chastotasiga mos keltiriladi. Tor polosali filtrda (FU) sifatida kvars filtrini ishlatilishi mumkin. SM2 aralashtirgichni chiqish qismida hosil qilingan ayirma signal oʻzgaruvchan filtrga (FU) uzatiladi va uni yordamida kerakli garmonika ajratib olinadi. Aralashtirgich SM2 da ikkita signaldan hosil qilingan ayirma signal ($mf_{eg}-f_{get}$) va yordamchi generator signali f_{get} lar qoʻshiladi va unda yigʻindi signal $mf_{eg}-f_{get}+f_{get}=mf_{eg}$ tarkibidan f_{get} signal ayirib tashlanadi. SM2 aralashtirgichni chiqish

qismidagi signal, F filtrda qo'shni garmonikalardan ajratib olinadi. Shuning uchun o'zgaruvchan filtr (F) ga bo'lgan talablar uncha katta emas, yordamchi generatorni chastotasini o'zgarishi chiqish signaliga ta'sir qilmaydi va faqat FU filtrini polosa kengligini belgilab beradi. Natijada signal qo'shni garmonikalardan tozalanib chiqishga uzatiladi.

Yuqorida qayd qilingan chastotani ikki marta ko'paytirish usuli bilan ishlaydigan sintezator yordamida juda katta hajmli ishi signallar olish qiyin. Bunday signallarni olishni eng oddiy usullaridan biri chastota sintezatorini signallarini ketma-ket qo'shish usulidir. Buning uchun chastota qadami ma'lum bo'lishi kerak.

Bu holda to'g'ridan – to'g'ri sintez usuli asosida tuzilgan murakkab sintezatorlarda identik dekadalar prinsipi qo'llaniladi. Mana shunday usul asosida qurilgan chastotalar sintezatori 3.8-rasmda keltirilgan.



3.8-rasm. Sintezatorda identik dekadalar prinsipi qo'llanilshini struktura sxemasi.

Kvarsli genrator(KG) signal chastotasidan f_0 yordamchi chastotalar shakllantirgichida o'nta tayanch chastotalar $f_{01}..... f_{010}$ va signal chastotasi f_0 shakllanadi. Tayanch chastotalari $f_{01}..... f_{010}$ quyidagi tenglik bilan bog'liq:

$$f_T = f_{01} + (n-1)\Delta f,$$

bu yerda $n=1 \dots 10$; Δf - yordamchi chastotalartur qadami. Dekadli kalitlar (pereklyuchatel) $P_1, \dots, P_k$ yordamida signal chastotalaridan $f_{01}, \dots, f_{010}$ biri o'zgartirgichlar (O') kirishiga beriladi. Polasali filtrlar (PF) yig'indi chastota signallarini ajratib beradi. Ajratilgan signal chastotasi bo'lgichda (B) o'n marotabaga bo'linadi.

Sintezatorni chiqish chastotasi quyidagi tenglik bilan ifodalanadi:

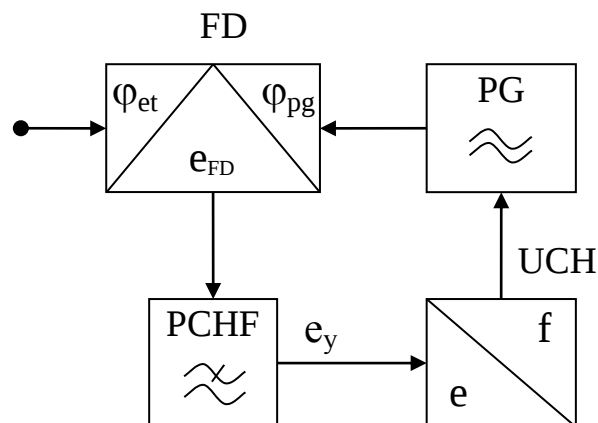
$$f_{\text{chiq}} = 10 f_{01} + \Delta f (n_k + n_{n-1}/10 + \dots n_1/10^{k-1}),$$

bu yerda n_k -bo'lgichsiz oxirgi dekada; k -dekadalar soni; n_k -kalit holati $P_k (n_k=0, 1 \dots 9)$.

Ushbu sintezatorning kamchiligi shundan iboratki, unda ko'p sonli o'zgartirgichlar va filtrlarni qo'llanilishidir, buni oqibatida sintezator chiqishidagi yon tashkil etuvchilar darajasi ortib ketishi mumkin.

So'ngi vaqtlarda to'g'ridan – to'g'ri sintez usuli asosidagi sintezatorlarni tuzishda raqamli usullardan keng foydalanilmoqda.

AG signalini fazasini avtomatik boshqarish (FAB) sistemasi bilan sinxronizatsiya qilinuvchi chastota sintezatorlarini ishi asosida yordamchi generator (PG) va etalon generatorini (EG) chastotalarining fazalarini farqi olinib, bu signalni keyinchalik yordamchi generator PG fazasini va chastotasini korreksiya qilish uchun ishlatish yotadi. Chastota sintezatorini struktura sxemasi 3.9- rasmda ko'rsatilgan.



3.9- rasm. Fazani avtomatik boshqarish tizimi bilan sinxronizatsiya qiluvchi chastota sintezatorining strukturaviy sxemasi.

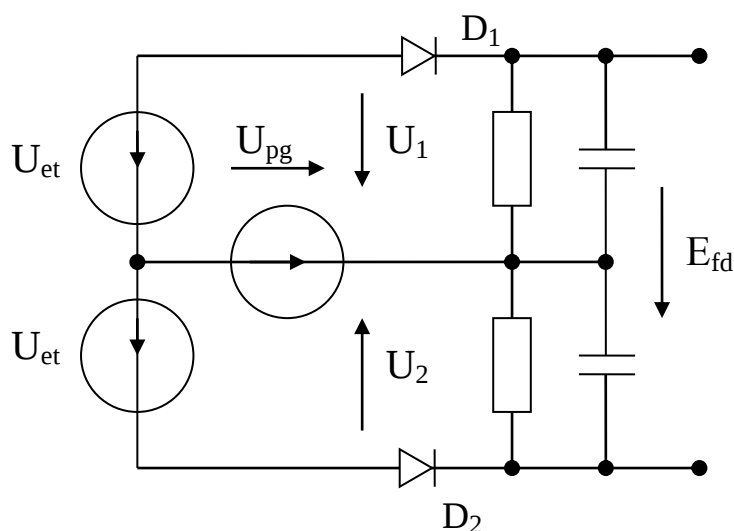
Bu yerda: FD – fazali diskriminator.

PG – yordamchi generator.

PCHF – filtrlovchi qurilma.

UCH – chastota boshqargich.

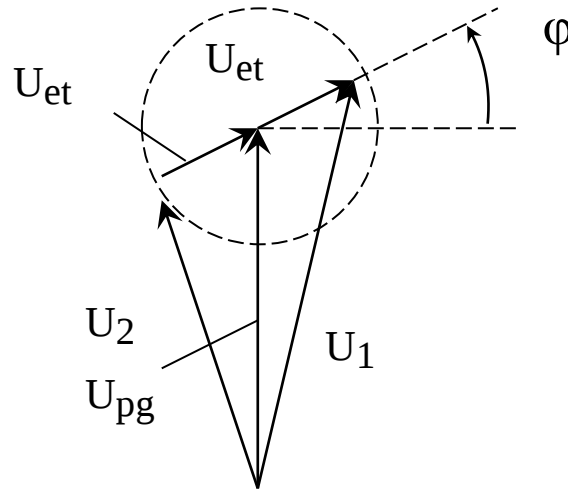
Fazali diskriminatorlarda yordamchi generatorni ishlab berayotgan signal fazasi $\varphi_{pg}(t)$ etalon generator signalining fazasi φ_{et} bilan solishtiriladi va buni natijasida φ_{FD} ko'rinishidagi ayirma signal hosil bo'ladi. Bu signal filtrda (PCHF) o'zgartirilib boshqaruvchi kuchlanishga $e_y(t)$ aylantiriladi. Filtr past chastotalar filtri bo'lib (PCHF), tor polosada ishlaydi. $e_y(t)$ signal chastotani boshqaruvchi sistemaga (UCH) uzatiladi va u orqali yordamchi generator signali o'zgartiriladi. PCHF parametrlarini o'zgartirish yo'li bilan sistemani filtrlovchi va dinamik xususiyatlarini o'zgartirish mumkin. Boshqaruvchi $e_y(t)$ signali orqali korreksiyalovchi chastota buzuqligi (rasstroyka) $\Delta\omega(t)$ kiritilishi mumkin. Bu buzuqlik yordamchi generator (PG) xususiy chastotasiga qo'shilib, fazalar muvozanatini pasaytirishi mumkin $\varphi(t) = \varphi_{pg}(t) - \varphi_{eg}$. Etalon generator signali monoxromatik bo'lganda sinxron stasionar ish holatida bo'ladi, bu paytda fazalar diskriminatori FD da fazalar farqi $\varphi = \text{const}$ bo'ladi va etalon generator EG hamda yordamchi generator PG ni chastotalarining fazasi bir biriga teng bo'ladi. FD diskriminatorni sxemasi turli xil bo'lishi mumkin. Odatda ko'pincha balansli sxema ko'p ishlatiladi, 3.10-rasm.



3.10-rasm Balansli faza detektorini sxemasi.

Bu sxemada vektorlar yig'indisi va ayirmasi qarama-qarshi detektorlanadi (3.11- rasm).

$U_1 = U_{pg} + U_{eg}$ - vektorlar yig'indisi.
 $U_2 = U_{pg} - U_{eg}$ - vektorlar ayirmasi.



3.11- rasm. Fazali diskriminatorni vektor diagrammasi.

Fazali diskriminatorni chiqish signali, amplitudali D_1 va D_2 detektorlarda to'g'rilagan kuchlanishlar ayirmasidan iborat. Bu holda to'g'rilangan kuchlanishni doimiy tashkil etuvchilari o'zaro kompensatsiya qilinadi. Detektorlarni uzatish ko'effitsiyenti bir xil va $K_{d1} = K_{d2} = K_d$ ga teng. EG va PG generatorlar signallarini nisbatini $a = U_{eg}/U_{pg}$ bilan belgilaymiz va FD chiqish signalini quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$e_{FD} = K_D U_{pg} \left(\sqrt{1 + a^2 + 2a \sin \varphi} - \sqrt{1 + a^2 - 2a \sin \varphi} \right)$$

Bu ifo'dani o'zgartirib yozamiz:

$$e_{FD} = E(U_{eg} U_{pg}) F(\varphi, U_{eg}, U_{pg}).$$

Bu yerda $E(U_{eg}/U_{pg})$ lar fazali detektor ishlab chiqayotgan eng katta kuchlanishlar, ular EG hamda PG ni amplitudasiga bog'liq. $F(\varphi, U_{eg}, U_{pg})$ birgalikda normallashtirilgan xarakteristika, ya'ni o'lchovsiz funksiya. Chiqish kuchlanishi fazalar farqiga bog'liq bo'ladi. Agar $a \ll 1$ bo'lsa u

holda ildizni qatorga yoyib quyidagi ifodani olish mumkin.

$$E(U_{et}, U_{pg}) \approx E(U_p) = 2K_D U_{et}; \quad F(\varphi, U_{eg}, U_{pg}) \approx F(\varphi) = \sin\varphi;$$

Bu degani etalon generatorining kichik signalida, fazali detektorni xarakteristikasi sinusoidal shaklga ega va uning amplitudasi etalon generator (EG) amplitudasini ikki barobariga teng bo'ladi.

Endi yordamchi generatorni va chastota boshqargichni birgalikda modulyatsion xarakteristikasini ko'rib chiqamiz. Bu xarakteristika yordamchi generator chastotasini korreksiya qiluvchi nosozlik $\Delta\omega(e_u)$ ni boshqaruvchi kuchlanish (e_u) ga bog'lik boladi. Odatda fazani avtomatik boshqarish sistemalarida chastotani elektron tarzda boshqarish qo'llaniladi. Bunday boshqargich sifatida yordamchi generator konturi bilan bog'langan varikap bo'lishi mumkin. Uni sig'imi boshqaruvchi kuchlanish e_u ta'sirida o'zgaradi. Umuman olganda, modulyatsion xarakteristika noziqli xarakterga ega bo'ladi, lekin injenerlik hisoblash vaqtida, uni qiyaligi to'g'ri chiziq bilan almashtiriladi.

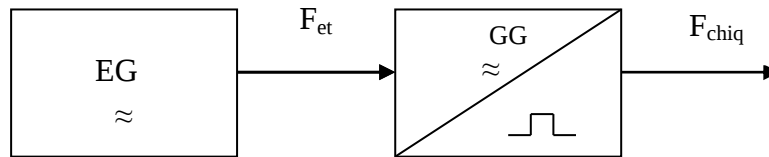
$$\omega = C - S_u e_u$$

Filtrlovchi qurilma (PCHF) fazani avtomatik boshqarish sistemasining quyi chastotalar filtri bo'lib u fazali detektor FD va chastota boshqargich UCH ni o'rtasida joylashtiriladi. U asosan etalon generator signalini buzuvchi halaqitlarni so'ndiradi. Yordamchi generator signalini etalon generator signali bilan avtomatik boshqarishda, qo'shni garmonikalar y'ni buzuvchi halaqitlar bo'ladi. FAB sistemasini asosiy afzalligi shundan iboratki, halaqit beruvchi qo'shni garmonikalarni yuqori chastotali traktida emas, balki teskari aloqa zanjiridagi past chastotali traktida so'ndirish imkoni bo'ladi. Bu holda tor polosali PCHF filtri orqali fazali detektorni chiqish signali silliqatlanadi. PCHF filtr sifatida turli filtrlar, ko'pincha RC filtrlar ishlatiladi.

3.4. Bilvosita chastota sintezatori

Bilvosita chastota sintezatorida ishi chastota manbasi sifatida yordamchi generator PG signali xizmat qiladi va bu yordamchi generator chastotasini o'zgartirish mumkin bo'ladi. Uni chastotasi uzluksiz ravishda etalon generator signaliga ($m f_{et}$) taqqoslanib turiladi yoki

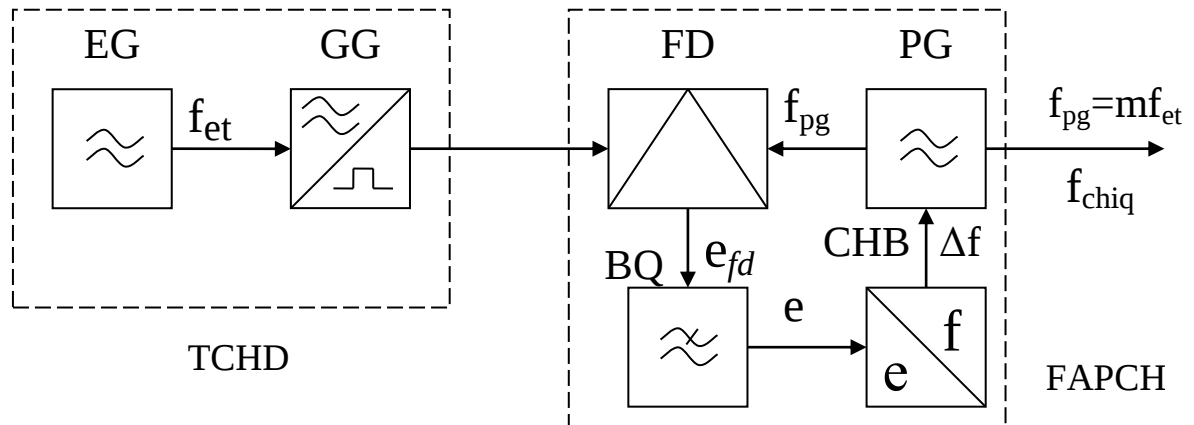
bo'lsa boshqa biron generator signali bilan ham taqqoslanishi mumkin. Bu ikki generator signalini taqqoslash (f_{pg} va f_{et}) fazani avtomatik boshqarish sistemasi orqali amalga oshiriladi. Fazali diskriminator (FD) ga signal tayanch chastotalar datchigi (TCHD) orqali keladi. Eng oddiy hollarda TCHD sifatida etalon generator va garmonikalar generatoridan tuzilgan qurilma ishlatiladi 3.12-rasm.



3.12-rasm. Tayanch chastotalar datchigi (TCHD).

Bu usulda ishlovchi chastota sintezatorini struktura sxemasi 3.13-rasmda keltirilgan. Bunday sintezatorda yordamchi generatorni chastotasi f_0 etalon generator (EG) dan chiqqan signalning tanlangan garmonikasiga yaqin qilib sozlanadi.

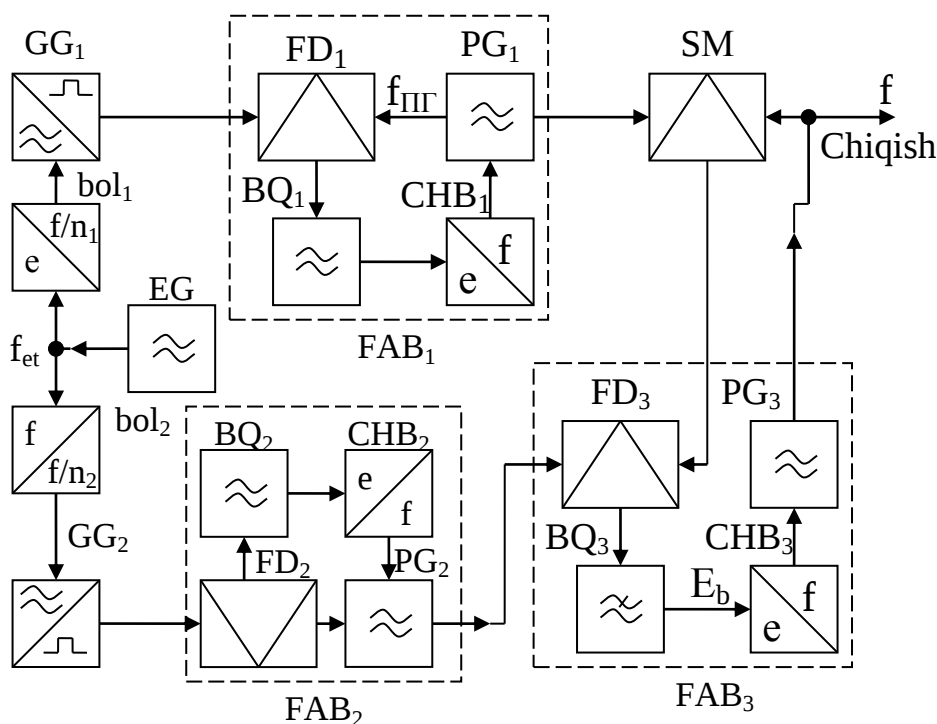
FAP sistemasi bu ikki signalni f_{pg} va mf_{et} bir-biriga aniq ravishda tenglashtirib beradi.



3.13- rasm. Bilvosita chastota sintezatori.

Bundan tashqari fazani avtomatik boshqarish sistemasi tor polosada ishlovchi filtr vazifasini ham bajaradi va kerak bo'lgan garmonikani (mf_{et}) garmonikalar generatoridan ajratib oladi. Qo'shni garmonikalar $(m-1)f_{et}$ va $(m+1)f_{et}$ fazali diskriminatorni chiqish qismida bir-birini taqqoslanish kuchlanishini vujudga keltiradi.

Agar ular filtrlovchi qurilmaga kirib qolsa, yordamchi generator PG ni signali faza bo'yicha ana shu signal bilan modulyatsiya qilinadi va chiqish signalini ($m f_{et\ chiq}$) spektri toza bo'lmaydi. Shuning uchun PCHF muhim vazifani bajaradi, ya'ni chastota boshqargich CHB ni kirish qismiga qo'shni garmonikalardan hosil bo'lgan signalni o'tkazmaydi. PCHF ni polosasini kerakligicha tor qilib, qo'shni garmonikalar signalidan kerakligicha tozalash mumkin, ammo bu holda fazani avtomatik boshqarish (FAB) sistemasini dinamik xususiyati yomonlashadi va sinxron rejimga kirish qiyin bo'ladi. Yuqorida qayd qilingan sxemani kamchiligi shundan iboratki, chiqish qismida diskret chastotalarni soni kam bo'ladi. Chastotalar sonini oshirish uchun murakkab sintezator ishlatish kerak. Bir muncha murakkab bo'lgan chastota sintezatorida ikkita tayanch chastotalar generatori bo'ladi (3.14-rasm). Bu holda etalon generator (EG) signalini ikkita bo'lgichda bo'lib va generatorlar garmonikasida (GG_1 va GG_2) ko'paytirib olish mumkin.



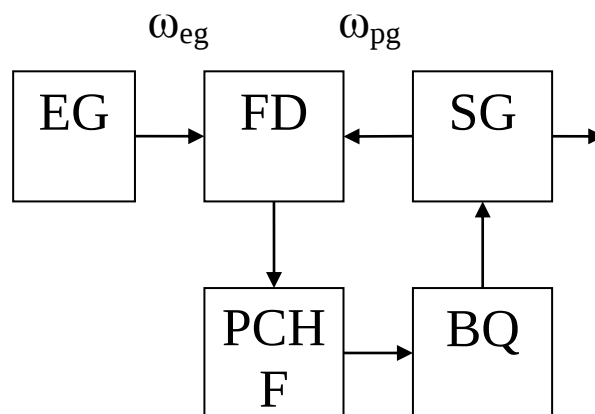
3.14-rasm. Murakkab chastota sintezatori.

Bo'lgichlarni ($bo'1_1$ va $bo'1_2$) bo'lish koeffitsiyenti n_1 va n_2 ga teng bo'ladi. Tayanch chastotalar shkalasining birida diskret chastota soni kamroq, ikkinchisida ko'proq bo'ladi. Masalan, birinchisida chastotalar

qadami $F_c=1\text{kGs}$, ikkinchisida esa chastota qadami $F_s=100\text{ kGs}$ bo'lishi mumkin.

Birinchi FAB dagi PG1 avtogeneratorini chastotasi keng ko'lamda o'zgarishi mumkin (masalan 2-3 MGs), PG2 generatorini chastotasi tor polosada o'zgaradi (100-200 kGs). Bu ikkala generator tanlangan chastota atrofidagi chastotaga yaqin qilib sozlanadi. PG1 (2-30 MGs) ichidagi chastotaga yaqin qilib, PG2 esa (100-200 kGs) yaqinidagi chastotaga sozlanadi. FAP1 sistemasi yordamida PG1 chastotasi 100 kGs qadam bilan o'zgaradi, ikkinchisi PG2 esa FAB2 sistema yordamida chastota 1 kGs ga o'zgaradi. Shundan keyin PG1 va PG2 generator signallari FAB₃ sistemasi yordamida SM aralashtirgichda qo'shiladi va PG₃ ni chastotasi ($f_{pg1}+f_{pg2}$) ga tenglashtiriladi. Buning uchun PG₃ generatori, avval ($f_{pg1}+f_{pg2}$) yig'indi chastota yaqinida sozlanadi va keyin PG₁ generator chastotasi ($f_{pg1}+f_{pg2}$) chastota bilan sinxron holatga keltirilib, aniq qilib sozlanadi. Shunday qilib bu sxema orqali juda ko'p chastotalar olish mumkin. Bu diskret chastotalar 1,8-30,2 MGs chastota oralig'ida bo'ladi, chastota qadami esa 1 kGs bo'ladi. Bunday chastota sintezatorida kerakli chastotani dekadali jilgichlar yordamida olish mumkin. Bu esa ishlatish jihatdan ancha qulaydir.

Ko'p hollarda amalda bilvosita sintez usullari asosida qurilgan chastotalar sintezatoridan ham foydalaniladi.



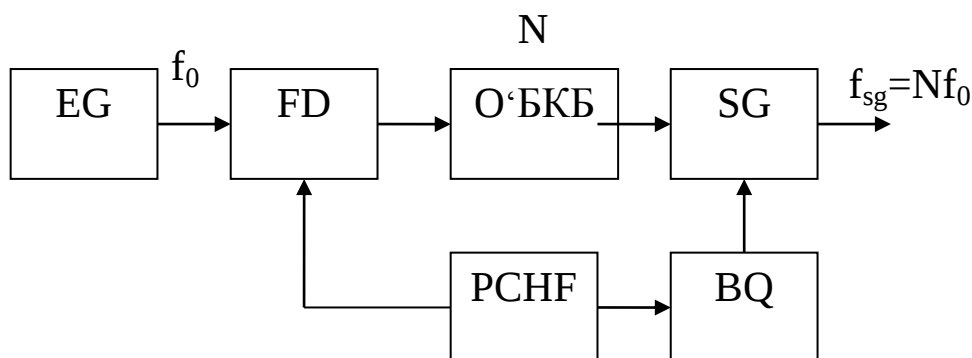
3.15-rasm. Chastotani fazali avtosozlash tizimini struktura sxemasi.

Bunday chastota sintezatorlari tarkibida chastotani fazali avtosozlash (CHFAS) halqasini qamrab olgan chastota bo'yicha qayta sozlanadigan avtogeneratorni bo'ladi. Oddiy CHFAS tizimini struktura sxemasai 3.15-

rasmda keltirilgan.

Etalon generatori (EG) va sozlanuvchi generator (SG) signallari fazali detektor FD ga beriladi, fazali detektorni chiqisida ikki kuchlanishlar orasidagi farq hosil bo'ladi. FD chiqish kuchlanishi PCHF orqali boshqaruvchi qurilmaga (BQ) ta'sir o'tkazadi va unda boshqaruvchi kuchlanish paydo qiladi. Boshqaruvchi qurilma sifatida varikap bo'lishi mumkin. U sozlanuvchi generator chastotasini o'zgartirib etalon generatori (EG) chastotasiga tenglashtiradi.

3.16-rasmda CHFAS tizimi asosida ishlaydigan chastota sintezatori keltirilgan.



3.16-rasm. CHFAS tizimi asosida ishlaydigan chastota sintezatori.

4. RAQAMLI CHASTOTA SINTEZATORLARI VA KVANT STANDARTLARI

4.1. Raqamli chastota sintezatorlari

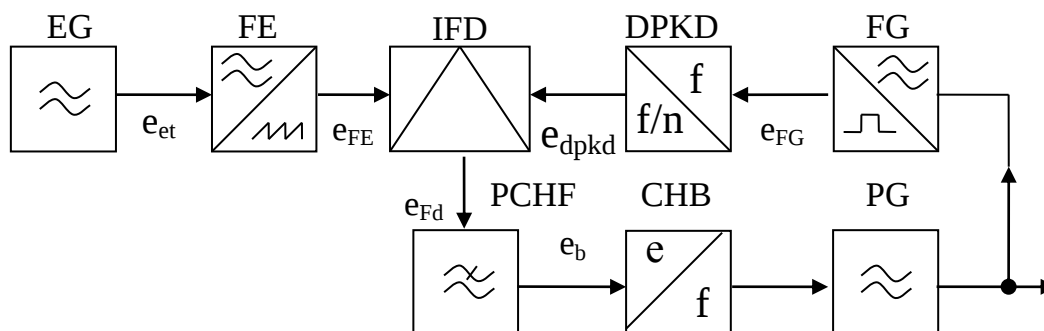
Raqamli chastota sintezatorlari berilgan diskret chastota setkasi (oralig'i) diapazonida yuqori chastotali garmonik to'lqinlar ishlab beradi va asosan raqamli sxemotexnika elementlari asosida konstruksiya qilinadi. Raqamli chastota sintezatorlari bir qancha afzalliklarga ega: bular jumlasiga ixchamlik, ishonchlik va texnologik jihatdan qulaylik kiradi.

Odatda raqamli chastota sintezatorlari fazani avtomatik ravishda boshqarish sistemasini (FAB) ishlatib, bevosita chastota sintezatori asosida quriladi. Lekin bu holda fazani avtomatik boshqarish sistemi FAB impuls ish holatida ishlaydi va IFAP (impulsli faza boshqarish sistemi) deb belgilanadi.

Oddiy FAB sistemasidan farqli o'laroq IFAP sistemasiga yangi

elementlar kiritilgan. Bular arrasimon impulsni ishlab beruvchi qurilma FE, to'g'ri to'rt burchakli impuls ishlab beruvchi qurilma FG, impulsli faza detektori IFD lardir. Bundan tashqari sintezator tarkibida bo'lish koeffitsienti o'zgaruvchan bo'lgan chastota bo'lgich (DPKD) mavjud.

Raqamli chastota sintezatorlarini struktura sxemasi 4.1- rasmda keltirilgan.



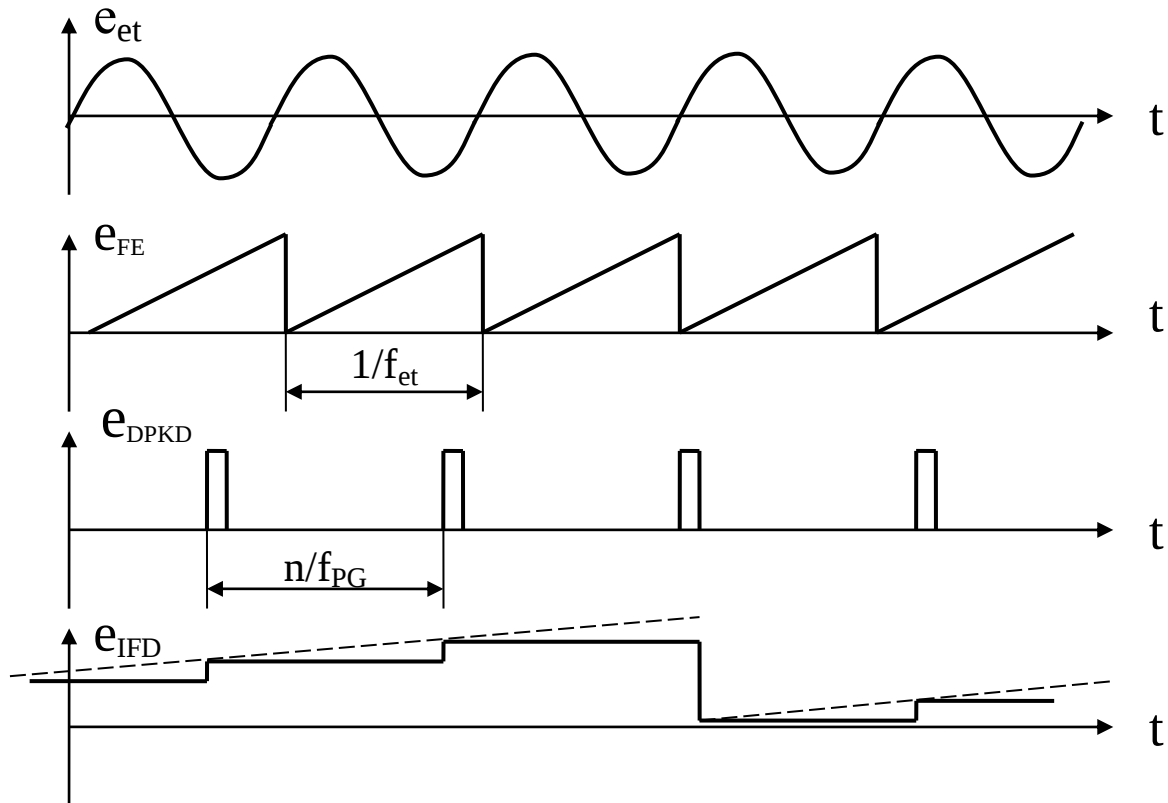
4.1-rasm. Raqamli chastota sintezatorlarini struktura sxemasi.

Sintezatorni ishlash usulini ko'rib chiqamiz. Dastavval DPKD ya'ni bo'lish koeffitsiyenti o'zgaruvchan bo'lgan chastota bo'lgich hamma impulsni impulsli faza detektor (IFD) ga o'tkazib beradi va raqamli chastota sintezator ishiga ta'sir ko'rsatmaydi. Impulsli faza detektoriga bir to'rt burchakli impuls, ikkinchi to'rt burchakli impulsni FG qurilma yordamchi generator PG signalidan ishlab beradi.

Arrasimon impulsni esa FE qurilma etalon generator signalidan ishlab beradi. Arrasimon impulsni amplitudasini to'g'ri to'rt burchakli impuls kelgan paytda maxsus kalitli sxema belgilab beradi. Eslab qoluvchi sxema amplitudani bu qiymatini keyingi to'g'ri to'rt burchakli impuls kelguncha saqlab turadi. Buni natijasida IFD ni chiqish qismida zina-poyasimon impuls paydo bo'ladi e_{fd} . Bu impuls quyi chastota filtridan o'tib, chastota boshqaruvchi qurilma CHB ga o'tadi va yordamchi generator chastotasini o'zgartiradi. Sinxron ish holatda yordamchi PG generator signali arrasimon impulsni hamma vaqt bitta joyiga kelib tushadi va bu yordamchi PG hamda etalon EG generator chastotasining farqiga bog'liq bo'ladi. Impulsli faza detektor IFD ning chiqish qismida

bu holda doimiy kuchlanish paydo bo‘ladi.

Bu kuchlanish boshqaruvchi qurilma CHB orqali yordamchi generator PG chastotasini bir xil ushlab turib, sinxron ish holatini vujudga keltiradi. Odatda kalitli sxema bir holatdan ikkinchi holatga o‘tganda IFD chiqishidagi doimiy kuchlanishga qo‘shimcha impuls signallar ta’sir qiladi. Bu qo‘shimcha



4.2-rasm. Raqamli chastota sintezatorini vaqt bo‘yicha diagrammasi.

impulslar chiqish signalini (f_{chiq}) spektriga ta’sir qiladi va shuning uchun ularni PCHF dan o‘tayotganda uni iloji boricha yo‘q qilish kerak bo‘ladi. Yuqorida qayd qilingan IFAP sistemasi chastota sintezatori tarkibida muvaffaqiyatli ishlashi mumkin. Diskret chastotalar setkasini olish uchun yordamchi generatordan impulslar DPKD ga yuboriladi. DPKD qurilmasi teskari aloqali trigger sxemalari asosida yig‘iladi va berilayotgan buyruq signallari orqali bo‘lish koeffitsiyenti n_d ni keng ko‘lamda o‘zgartirish mumkin. Agar $n_d=10$ bo‘lsa, IFD ga impulslar ketma-ketligidan har bir o‘ringa impuls kelib tushadi. Bu impulslar ketma-ketligi FG qurilmada PG signalidan ishlab beriladi.

Bu holda yordamchi generator PG chastotasi etalon EG chastotasidan

10 marta katta bo‘ladi va sistemada sozlovchi kuchlanish paydo bo‘ladi. Bu kuchlanish PG va EG chastotalari orasida sinxron ish holatini vujudga keltiradi. Agar $n_d=10+1=11$ bo‘lganda, PG chastotasini 10% ga ko‘paytirilsa, DPKD ni chiqish qismida ω_{ET} ga yaqin bo‘lgan signallarni olamiz va sistema yana qayta ish holatiga keladi. Shunday qilib DPKD ni bo‘lish koeffitsiyentini va yordamchi PG generator chastotasini o‘zgartirib, sintezatorning chiqish qismida diskret chastota setkasida bo‘lgan har xil chastotani olish mumkin. Bu chastotani turg‘unligi $\Delta f/f$ etalon generator chastotasining turg‘unligiga teng bo‘ladi. Hozirgi paytda tarkibida bir nechta chastotani avtomatik sozlash APCH sistemasi bo‘lgan raqamli chastota sintezatorlari ishlatiladi. Bu hollarda har bir APCH ning chastotasi arifmetik usulda qo‘shilib, turli chastota qadamiga ega bo‘lgan signallarni olish mumkin. Raqamli chastota sintezatorlarini boshqa usulda ishlaydigan turlari ham bor, ammo ularning chiqish signalini tarkibida qo‘shni garmonikalarni salmog‘i ancha katta bo‘ladi va ular faqat sodda holda ishlatiladi.

4.2. Chastota sintezatorlarda kvant standartlarini ishlatish

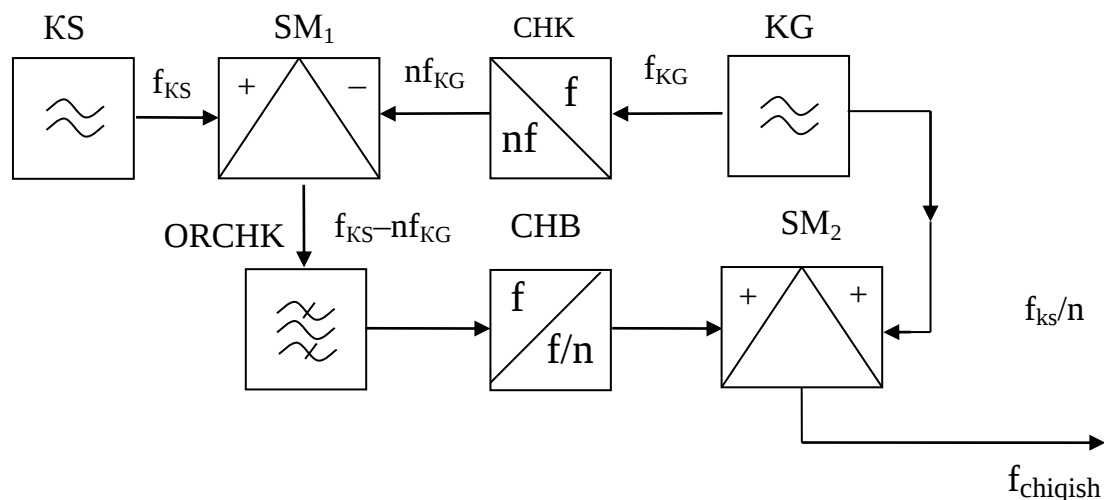
Maxsus hollarda yuqorida qayd qilinganidek etalon generator sifatida sintezatorlarda kvant standartlari ishlatiladi. Ularni chastota turg‘unligi $\Delta f/f$ juda yuqori bo‘lib 10^{-9} - 10^{-13} ni tashkil etadi. Demak ularni sintezatorlarda tayanch generatori sifatida ishlatish, zamonaviy talablarga javob beradigan radiosignallarni uzatuvchi qurilmalarni qurishga imkon beradi. Lekin bu kvant generatorlarini to‘g‘ridan-to‘g‘ri ishlatish mumkin emas, chunki u ishlab beradigan to‘lqin chastotasi juda yuqori, quvvati esa juda kichkina bo‘ladi. Misol uchun, ammiak molekulasida ishlaydigan kvant generatorini chastotasi $f=23870130$ kGs ($\lambda \approx 1,25$ sm), seziy molekula to‘plamida ishlaydigan generatorni chastotasi $f=9192632$ kGs ($\lambda \approx 3,26$ sm). Bunday generatorni chiqish quvvati P_{chiq} atigi 10^{-10} W ni tashkil etadi. Shuning uchun kvant generatorlarini bir necha yuz megagers diapazonda ishlatishda chastotani pasaytiruvchi, quvvatni esa oshiruvchi maxsus qurilma kerak bo‘ladi. Bundan tashqari bu qurilmalar kvars generatorini (KG) chastota turg‘unligini o‘zgartirmasdan saqlab turishi kerak.

Bunday maxsus qurilmalar ikki xil yo‘l bilan qurilishi mumkin:

1. Kvant standarti chastotasini 2 marta o‘zgartiradigan geterodin qurilmalarda kvars avtogeneratorini ishlatish usuli.

2. Kvarsli avtogenerator chastotasini kvant standarti signali yordamida avtomatik tarzda boshqarib turiladigan FAP sistemasi orqali.

Birinchi usulda ishlaydigan kvant standartini strukturaviy sxemasi 4.3- rasmda keltirilgan.



4.3-rasm. Kvant standarti chastotasini ikki marta geterodinli o'zgartirish usuli bilan ishlaydigan chastota sintezatori.

KS - kvant standarti;

SM1 – birinchi aralashtirgich;

ORCHK - oraliq chastota kuchaytirgichi;

KG – kvars generatori;

CHB- chastota bolgich;

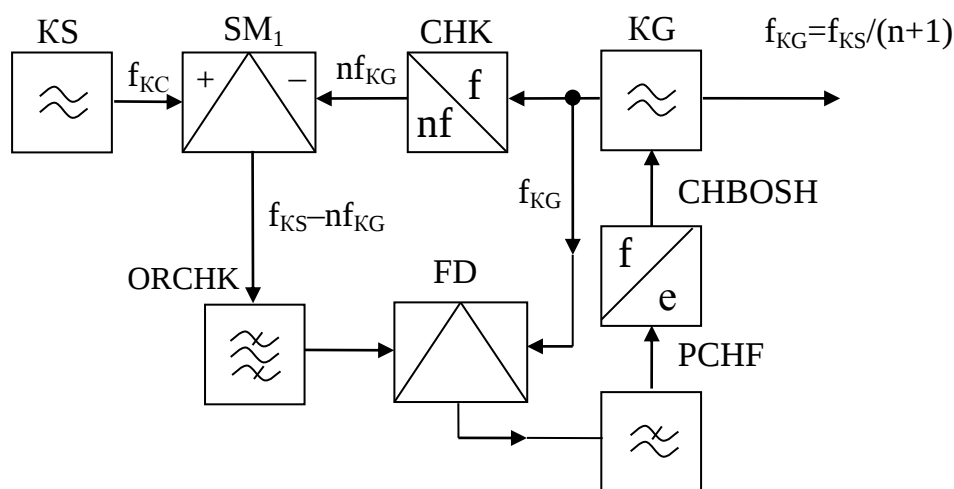
CHK- chastota ko'paytirgich;

Bunday usul bilan ishlaydigan sintezatorlarda (4.3-rasm) kvars generatorining (KG) chastotasi chastota ko'paytirgichda (CHK) n marta ko'paytiriladi va aralashtirgich SM1 da kvant standart chastotasi (KS) bilan aralashtiriladi. SM1 ning chiqishida oraliq chastota signali $f_{KS} - n f_{KG}$ paydo bo'ladi. Bu signal ko'p kaskadli oraliq chastota kuchaytirgichda (ORCHK) kuchaytirilib, chastota bo'lgich (CHB) ga kelib tushadi. Chastota bo'lingandan so'ng, $f_{KS}/(n - n f_{KG})$ signal kvars generatori signali bilan birgalikda SM2 aralashtirgichiga keladi va SM2 chiqishida bu signal yig'indi korinishida va $(f_{KS}/n - f_{KG}) + f_{KG} = f_{KS}/n$ ga teng bo'ladi. U filtr yordamida qo'shimcha garmonikalardan ajratib olinadi. Chiqish

signalining tarkibida kvars generatorining signali bo'lmaydi va chiqish signalining chastota turg'unligi kvant standartini (KS) turg'unligi bilan aniqlanadi. Kvant standarti sifatida lazer generatori ishlatilishi mumkin.

4.3. FAB sistemasi bilan ishlaydigan kvant standarti

FAB sistemasi bilan ishlaydigan kvant standartlarda kvars generatoriga qo'shimcha qilib, chastota boshqaruvchi qurilma ulangan. Xuddi birinchi usulga o'xshab kvars generatori KG ning chastotasi ko'paytirgich CHK da n marta ko'paytiriladi va SM1 aralashtirgichdada KS signali bilan aralashtiriladi. Signallar ayirmasi $f_{KS}-nf_{KG}$ oraliq chastota kuchaytirgichida (ORCHK) da kuchaytirilgandan keyin kvars generatori KG signali bilan birgalikda fazali detektorga (FD) uzatiladi. FD chiqishidagi signal PCHF da filtrlanib, chastota boshqargich CHBOSH da kuchlanishga aylantirilib kvars generatorining chastotasini o'zgartiradi va sinxron stasionar ish xolatda u $f_{KS}/(n+1)$ ga teng bo'ladi.



4.16-rasm. Kvarsli avtogenerator chastotasini kvant standarti signali yordamida avtomatik tarzda boshqarib turiladigan FAB sistemasi orqali islaydigan chastota sintezatori.

CHBOSH – chastota boshqargich;
PCHF – quyi chastota filtri;
FD – fazali detektor.

Bu holda fazali detector FD ga kelayotgan signal fazalari doimiy bo'ladi. Bu sintezatorda ham chiqish signalining chastotasi kvant standarti signalini chastota turg'unligi bilan aniqlanadi. Ikkala sintezator tarkibida bir xil elementlar mavjud. FAB sistemasi bilan ishlaydigan sintezator bir muncha afzalliklarga ega. FAB sintezatorining asosiy kamchiligi sinxron ish holatidan chiqib ketishidir va CHK ni chastota turg'unligini biroz pasaytirishidir. Bu kamchiliklarni sintezatorni to'g'ri loyihalab yo'qotish mumkin.

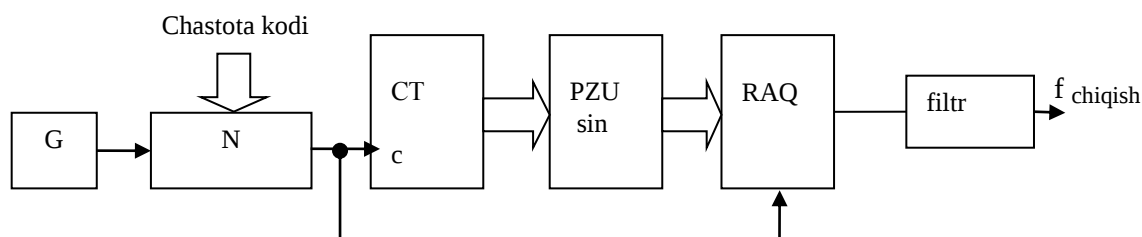
4.4. Maxsuslashtirigan DDS mikrosxema asosida to'g'ridan-to'g'ri sintez qiluvchi raqamli chastota sintezatori

Keyingi paytda to'g'ridan-to'g'ri sintez qiluvchi chastota sintezatorlarini yaratishda raqamli usullardan keng foydalanilmoqda. Bunga misol qilib DDS (Digest Digital Synthesizers) sintezatorini keltirish mumkin. Xozirgi paytda nisbatan arzon va loyihalash uchun qulay bo'lgan maxsuslashtirilgan DDS mikrosxemalar ishlab chiqarilmoqda va ular asosida yaratilgan sintezatorlarga ko'proq e'tibor berilmoqda. DDS mikrosxema asosida ishlaydigan sintezator ishlab berayotgan signal raqamli sistemaga xos bo'lgan aniqlik bilan sintez qilinadi. Ularni chastotasi, amplitudasi va fazasi har qanday vaqt oralig'ida ma'lum va mikrokontroller boshqaruvida bo'ladi. Bu sintezatorga harorat deyarli ta'sir ko'rsatmaydi. Shu sababli raqamli DDS sintezatorlar hozirgi paytda keng qo'llanilmoqda. Bu jihatdan DDS sintezatorni yaratish va uni chiqish signalini tarkibini or'ganish dolzarb masala bo'lib hisoblanadi.

Bunday DDS microcxema asosidagi raqamli chastota sintezatorlari bir qancha afzalliklarga ega:

- chiqish signalini chastotasi va fazasi raqamli ravishda boshqariladi;
- bir ish chastotasidan ikkinchi ish chastotaga o'tish juda tez amalga oshadi;
- sintezatorni mikrokontroller yordamida boshqarish mumkin;

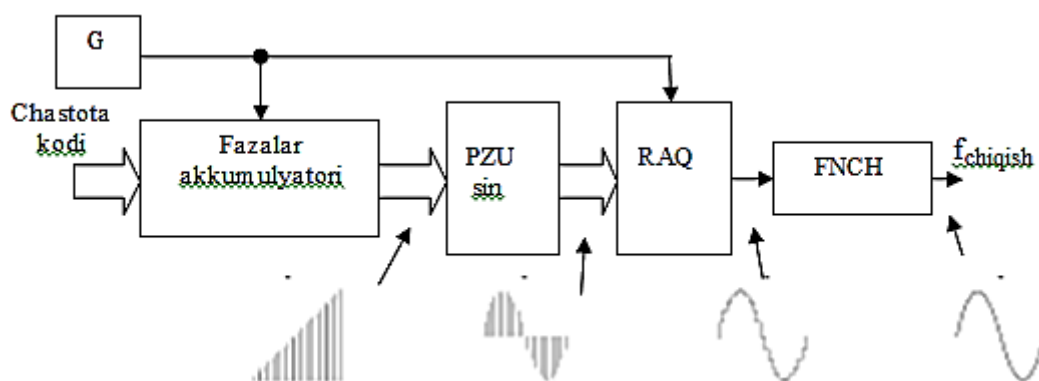
Eng oddiy raqamli sintezatorni struktura sxemasi 4.17-rasmda keltirilgan.



4.17-rasm. Raqamli chastota sintezatorini struktura sxemasi.

G- etalon generator, N -oʻzgaruvchan koʻeffitsiyentli chastota boʻlgich, CT- ikki razryadli schetchik, PZU-sinus funksiyani bitta davri yozilgan xotira qurilmasi, RAO – raqamli –analog oʻzgartirgich, filtr- chiqish signalini kerak bolmagan signaldan tozalab beradi.

Bunday oddiy sintezatorni chastota qadami oʻzgaruvchan boʻladi. Bu kamchilikni yoʻqotish uchun xotira qurilmaga qoʻshimcha element yigʻuvchi summatoridan signal berish kerak. Summator registr boʻlib, baʼzi hollarda u fazalar akkumulyatori deb ham ataladi. Bunday raqamli DDS mikrosxemani struktura sxemasi 4.18-rasmda keltirilgan.



4.18 rasm. DDS mikroxemani struktura sxemasi.

Mikrosxema tarkibida fazalar akkumulyatori, doimiy xotira qurilmasi (PZU), raqamli-analog oʻzgartirgich (RAO) va quyi chastota filtrlari (FNCH) bor. Fazalar akkumulyatori yigʻuvchi registr boʻlib, undagi axborot tashqi taktli generatoridan kelayotgan har bir impuls hisobiga maʼlum songa koʻpayib boradi. Bu son chastota kodi deyiladi. Akkumulyatorni sigʻimi 32 ikkilik razryaddan iborat. Registrda yigʻilgan son sinus yoki kosinus funksiyani argumenti boʻlib hisoblanadi. Bu argumentni hisobi doimiy xotira qurilma PZU da saqlanadi. Sintezatorni chiqishidagi signal sinusodal koʻrinishda boʻlishi

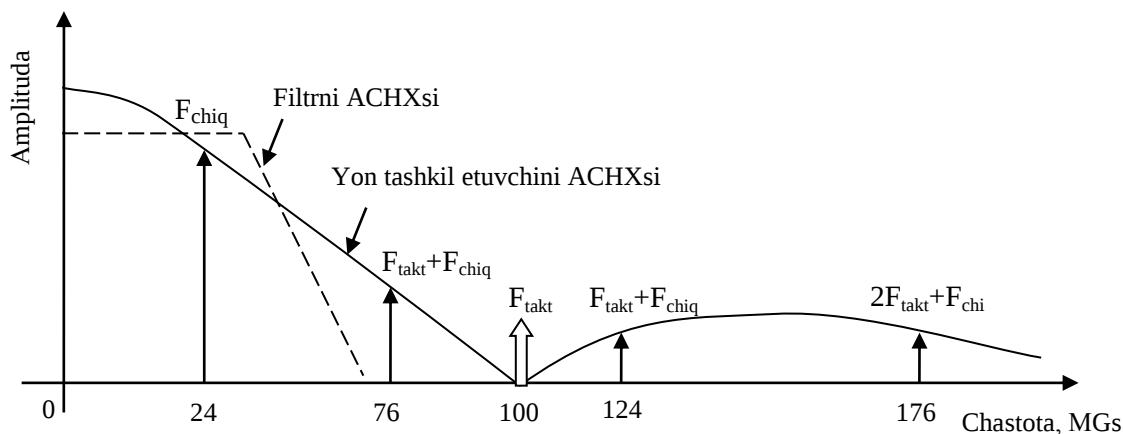
kerak. Lekin DDS mikrosxema chastotani raqamli ravishda sintez qiladi. Shuning uchun uni tarkibiga raqamli-analog o'zgartirgich (RAO) va quyi chastota filtrlari (FNCH) kiritilgan. RAO raqamli signalni analog sinusoidal kor'inishga aylantirib beradi. Chiqishdagi signal chastotasi tashqi taktli generator chastotasiga bog'liq bo'ladi va quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$F_{CHIQ} = M \cdot F_{TAKT} / 2N,$$

Bu yerda: F_{CHIQ} – chiqishdagi chastota, F_{TAKT} – taktli generator chastotasi, M - chastota kodi, N – fazalar akkumulyatorini razryadi.

Ma'lumki nazariy jihatdan vaqt bo'yicha diskretlangan va amplituda bo'yicha kvantlangan signal Dirak impulslari ketma-ketligi bilan ifodalanadi. Bu impulslarni amplitudasi cheksiz katta va davomiyligi cheksiz kichik bo'ladi.

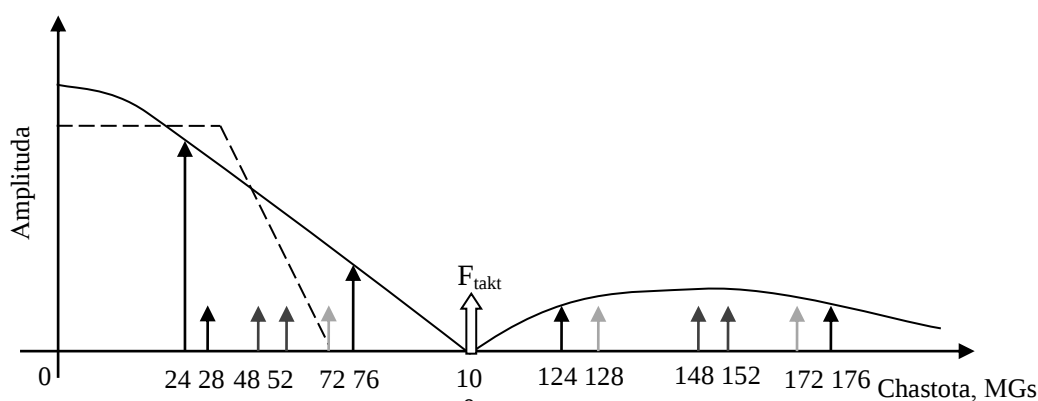
Amalda bunday impulslar olib bo'lmaydi. Signalni real impulslar ketma-ketligi bilan ifodalash chiqish signalini spektrini $\text{sinc}(\frac{F_{CHIQ}}{F_{TAKT}})$ funksiya bilan modulyasiya qilinishiga olib keladi. Natijada DDS ni amplituda-chastota xarakteristikasi (ACHX) $0 - 0,5 F_{TAKT}$ chastota oralig'ida 3 dB ga pasayadi. Uni ko'rinishi va chiqish signalini spektri 4.19-rasm keltirilgan.



4.19 rasm. Chiqish signalini spektrini ko'rinishi va uni tashkil etuvchilari.

Diskretlash natijasida signal spektrida qo'shimcha kerak bo'lmagan tashkil etuvchilar paydo bo'ladi. Bu tashkil etuvchilarni amplitudasi ham $\text{sinc}(\frac{F_{TAKT}}{F_{CLK}})$ funksiya bilan modulyasiya qilinadi. Masalan, chiqish

signalini chastotasi $F_{\text{CHIQ}} = 0,33 F_{\text{TAKT}}$, ya'ni taktli chastotani uchdan biriga teng bo'lganda 1- qo'shimcha kerak bo'lmagan tashkil etuvchini amplitudasi asosiy signal amplitudasidan atigi 3 dB ga kichik bo'ladi va buni DDS sintezatorni loyihalashda albatta inobatga olish kerak. Bundan tashqari chiqish signalini spektrida yana boshqa qo'shimcha tashkil etuvchilar bo'lishi mumkin (4.20 rasm). Ular asosan raqamli-analog o'zgartirgichni mukammal emasligidan (integral va differensial nochiziqlar bo'lishi sababli) kelib chiqadi. Odatda bu tashkil etuvchilarni amplitudasi nisbatan kichik bo'ladi. Ularni yo'qotish uchun doimiy xotira (PZU) va raqamli analog o'zgartirgich (RAO) orasiga quyi chastota filtri (FNCh) filtr qo'yish kerak.



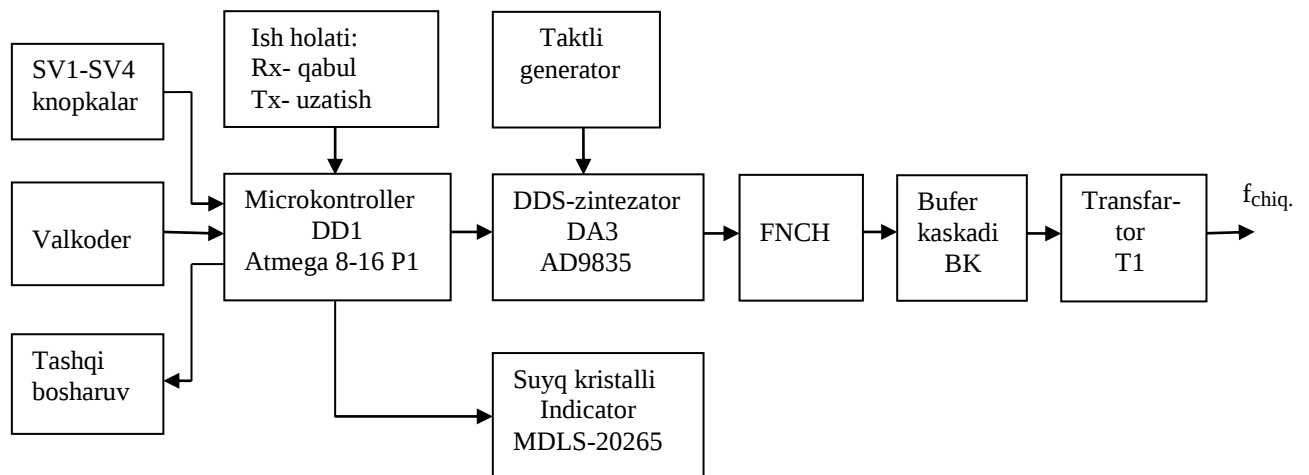
4.20-rasm. Raqamli-analog o'zgartirgichni noziqligi tufayli paydo bo'ladigan kerak bo'lmagan tashkil etuvchilar.

DDS sintezatorni AD 9835 maxsuslashtirilgan mikrosxema asosidagi struktura sxemasi 4.21 rasmda keltirilgan.

U mikrokontroller DD1, sintezator DA3, taktli generator G1, ikki zvenoli quyi chastota filtri (FNCH), bufer kaskadi va SB1-SB4knopkalardan iborat.

Mikrokontroller DD1 SB1-SB4 knopkalardan va valkoderdan kelgan impulslar ni qayta ishlab chastota kodiga aylantiradi. Chastota kodi DA3 DDS mikrosxema asosida ishlaydigan chastota sintezatoriga uzatiladi. Bu chastota kodini zagruzkasi mikrosxemani 9- kontaktiga kelayotgan impulslar kuzatuvida bo'ladi. DA3 mikrosxemani 6- kontaktiga 50 MGs li taktli impulslar G1 integral kvarsli generatordan keladi. DA3 mikrosxemani chiqish qismidan sinusoidal signal ikki zvenoli quyi chastota filtri (FNCH) orqali bufer kaskadga keladi. FNCH ni

chegaralash chastotasi 8 MGs. Uni asosiy vazifasi chiqish signalini spektridagi kerak bo‘lmagan tashkil etuvchilarni filtrlashdir.



4.21 rasm. Sintezatorni struktura sxemasi.

Bufer kaskad tranzistorda yig‘ilgan bo‘lib, filtrlangan signalni kuchaytiriladi. Kuchaytirilgan signal T1 transformator orqali qabul (priemnik) yo‘ki uzatuvchi (peredatchik) qurilmaga uzatiladi. Mikrokontrollerga suyuq kristalli (20ta simvolli) MDLS-20265 indikator ulangan. Indikator sintezator ishlab bergan chastota qiymatini va chastota qadamini ko‘rsatadi. (Chastota qadami ikki qo‘shni chastotalar orasidagi masofa, Gs da o‘lchanadi). Chastotani qiymati suyuq kristalli indikatorida namoyon bola‘di. indikatoridagi RX- qabul rejimini TX esa uzatish rejimini bildiradi.

Ish diapazoni - 80m (3,5 MGs), 40m (7 MGs), 20m (14 MGs);

Chastota qadami - 10, 50, 1000Gs;

Chiqishdagi kuchlanish – 0,5 volt;

Yuklama qarshiligi - 50 0m;

Manba kuchlanishi – 12 volt;

Sarf qilinayotgan tok - 200 mA.

Sintezator, 80m (3,5 MGs), 40 m (7 MGs) yoki 20m (14Gs) diapazonda ishlovchi uzatkich yoki transiver tarkibida yuqori chastotali tashuvchi signallar generatori sifatida ishlatish mumkin.

Nazorat savollari

1. Radiouzatuvchi qurilmalarini qo'zg'atuvchisi qanday vazifani bajaradi?
2. «Kvars-Volna» qo'zg'atuvchi qanday qurilma?
3. Chastota sintezatorini vazifasi nimadan iborat?
4. Chastota sintezatori qayerda ishlatiladi?
5. Chastota sintezatorini qanday parametrlarini bilasiz?
6. Chastota sintezatori necha xil turda bo'ladi?
7. Bevosita chastota sintezatori qanday qurilma?
8. Sintezatorni struktura sxemasini chizing va tushuntiring.
9. Sintezatorni vaqt bo'yicha diagrammasini tushuntiring.
10. Sintezatorni spektr diagrammasini tushuntiring.
11. Chastotani ikki marta o'zgartirishi usuli bilan ishlaydigan chastota sintezatorini struktura sxemasini chizing.
12. Murakkab chastota sintezatori qachon ishlaydi?
13. FAB sistemasini bilan sinxronizasiya qiluvchi chastota sintezatorni struktura sxemasini chizing ish usulini tushuntiring.
14. Balansli faza detektorini sxemasi chizing.
15. VD1 va VD2 diodlarni vazifasini tushuntiring.
16. Sintezatorida varikap qanday vazifani bajaradi?
17. FAB sistemasini afzalligi nimadan iborat?
18. Tayanch chastotalar datchigini ish usulini tushuntiring.
19. Bilvosita sintezatorni struktura sxemasini tarkibi nimalardan iborat.
20. Murakkab chastota sintezatorini ish usulini tushuntiring.
21. Kerakli chastotalar qanday tanlanadi?
22. Diskret chastotalar qanday chastotalar oralig'ida bo'ladi?
23. Raqamli chastota sintezatori qanday afzalliklariga ega?
24. Raqamli chastota sintezatori nimalardan tashkil topgan?
25. IFAP sistemasini vazifasi nima?
26. Arrasimon impulsni qanday qurilma ishlab beradi?
27. FG qanday ko'rinishdagi impulslar ishlab beradi?
28. Qaysi hollarda kvant standartlari ishlatiladi?
29. Kvant standarti necha xil bo'ladi?

5. RADIOSIGNALLARNI UZATUVCHI QURILMALARDA PARAZIT TO‘LQINLAR

5.1.Parazit to‘lqinlarning kelib chiqishi

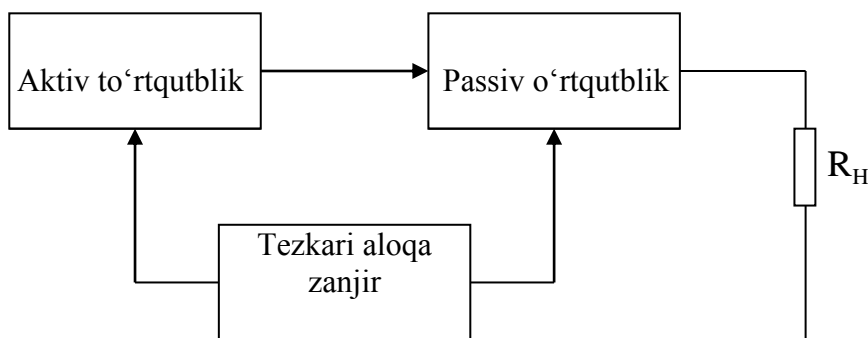
Radiosignallarni uzatuvchi qurilmalarni va ularni alohida kaskadlarni sozlash jarayonida ko‘p hollarda quyidagi hodisalar paydo bo‘lishi mumkin: quvvat kuchaytirgichlari va chastota ko‘paytirgichlarining chiqish qismida, tashqaridan kirish qismiga signal berilmaganda ham kuchlanish paydo bo‘lishi mumkin; chiqish signalining tarkibida asosiy chastotadan farq qilgan chastotali signal paydo bo‘lishi mumkin; aktiv elementlardan keragidan tashqari katta tok oqishi mumkin; bir ish diapazonidan ikkinchi ish diapazoniga o‘tganda quvvatning keskin o‘zgarishi, chastota o‘zgarganda kuchlanish o‘zgarishi kuzatiladi.

Yuqorida qayd qilingan hodisalar parazit hodisalar hisoblanib, ular radiosignallarni uzatuvchi qurilmalarni ayrim kaskad va elementlarini ishdan chiqarishi mumkin. Bundan tashqari, bu hodisalar signallarda nozichizikli buzuqliklar keltirishi, radiosignallarni uzatuvchi qurilmalarning quvvatini kamaytirishi mumkin. Bu hodisalar parazit to‘lqinlar sababchisi bo‘ladi. Bunday to‘lqinlarni montaj qilib bo‘lingan radiosignallarni uzatuvchi qurilmalarda yo‘qotish ancha mushkul ish. Shuning uchun parazit to‘lqinlarni radiosignallarni uzatuvchi qurilmalarni loyihalash vaqtida yo‘qotishga harakat qilish kerak. Buning uchun ularning kelib chiqish sabablarini bilish kerak va ularni yo‘qotish usullarini izlab topish kerak. Ko‘p hollarda parazit to‘lqinlar teskari aloqa hisobiga bo‘ladi. Teskari aloqa maxsus kiritilishi mumkin va u manfiy hamda musbat ishorali bo‘lishi mumkin. Manfiy teskari aloqa quvvat kuchaytirgichni amplituda chastota xarakteristikasini yaxshilash uchun va nochizikli buzuqliklarni kamaytirish uchun ishlatiladi. Musbat teskari aloqa esa avtogeneratorlarda so‘nmas to‘lqinlar olish uchun kiritiladi. Bundan tashqari teskari aloqa fazani avtomatik boshqarish(FAB) va chastotani avtomatik boshqarish (CHAB) sistemalarida ham qo‘llaniladi. Ba’zi hollarda teskari aloqa sababchisi aktiv element bo‘lishi mumkin. Masalan, tranzistor umumiy emitterli qilib sxemaga ulanganda kollektor o‘tish zonasining sig‘imi tufayli ro‘y berishi mumkin. Bundan tashqari radiosignallarni uzatuvchi qurilmalarning chiqish hamda kirish qismlari bir-biridan yaxshi ekranlanmaganda yoki alohida kaskadlarning ta’minlash zanjiri bir-biridan yaxshi ajratilmaganda ham parazit teskari aloqa bo‘lishi mumkin.

Bundan tashqari parazit to‘lqinlar, parametrik ravishda to‘lqin ishlab chiqilganda ham vujudga kelishi mumkin. Bu mexanizm sxemadagi nochiziqli reaktiv elementlarga tashqaridan davriy maydon ta’sir qilganda kuchga kiradi. Tiristorlar volt-amper xarakteristikasi(VAX) dagi manfiy differensial qarshilik bo‘lishi, tranzistor qiziganda, uning parametrlarining o‘zgarishi natijasida katta davrli to‘lqinlarni vujudga kelishi, parazit to‘lqinlarni kelib chiqishiga sababchi bo‘ladi. Oxirgi bayon qilingan parazit to‘lqinlar kam uchraydi. Lekin shunga qaramasdan ular boshqa parazit hodisalarni keltirib chiqarishi mumkin.

5.2. Teskari aloqa hisobiga bo‘ladigan parazit to‘lqinlar

Tranzistorli avtogeneratorlarda parazit to‘lqinlarni kelib chiqishini ko‘rib chiqamiz. Bunday avtogeneratorlarda maxsus holda musbat teskari aloqa so‘nmas to‘lqinlar olish uchun kiritiladi (5.1-rasm).

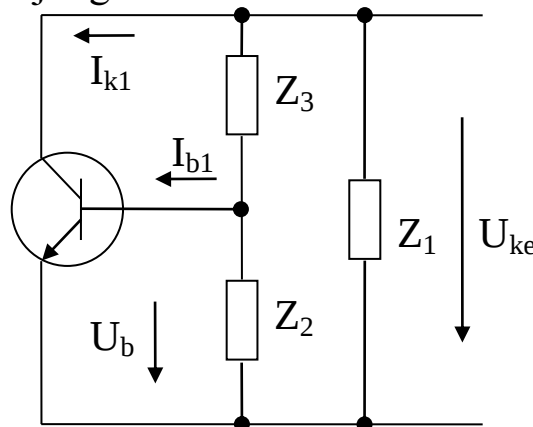


5.1-rasm. Teskari aloqa zanjiri bo‘lgan avtogenerator.

Aktiv va passiv to‘rtqutblikda paydo bo‘lgan to‘lqinlar energiyasining bir qismi teskari aloqa zanjiri (T.A.Z) orqali yana aktiv to‘rtqutblikka kiritiladi. Bu zanjir ba’zi hollarda, chastotasi asosiy ish chastotasidan farq qilgan parazit to‘lqinlarni keltirib chiqarishi mumkin. Oldingi ma’ruzalarda aytib o‘tilganidek avtogeneratorlarda qo‘zg‘atish sharti $SR_b > 1$ ifoda bilan belgilanadi. Tebranish konturi uchun regenerasiya parametri (SR_b) $S_Y R = S X_1 X_2 / r$ ga teng bo‘ladi.

X_1, X_2, X_3 - avtogeneratorni umumlashtirilgan ekvivalent sxemasidagi (5.2-rasm) reaktiv qarshiliklar, r – quvvatni sarf qilayotgan aktiv qarshilik, S -aktiv element VAXni statik qiyaligi. Reaktiv qarshiliklar yig‘indisi $X_1 + X_2 + X_3 = 0$ ga teng bo‘lganda, avtogenerator asosiy chastotali to‘lqin ishlab beradi.

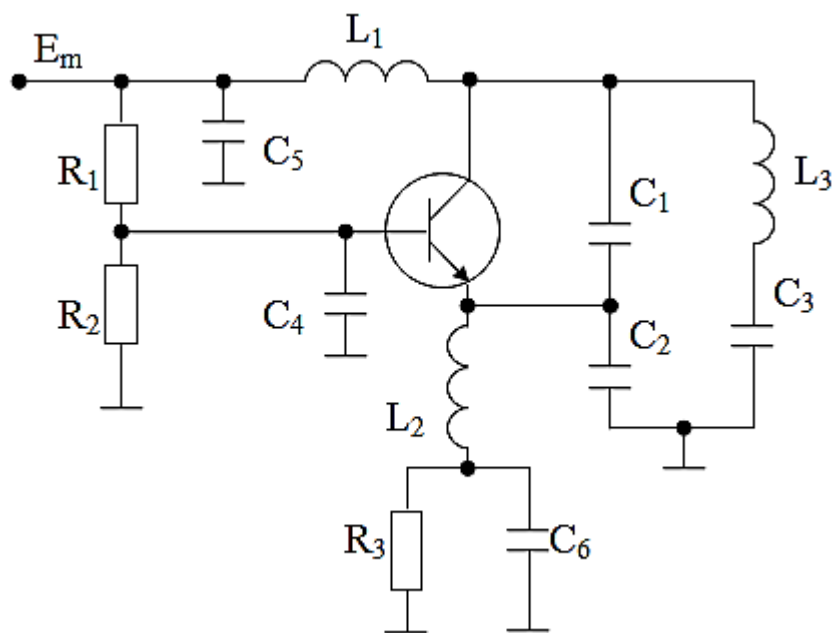
SR_y parametr aktiv element (AE)ni chiqish qismidan yuklama va teskari aloqa zanjiri orqali AE kirish qismiga quvvatning bir qismini uzatuvchi koeffitsiyent deyiladi. Real avtogenerator sxemalari ko'p konturli bo'lib, ularda to'liqlar faqat ish chastotada emas, balki boshqa chastotalarda ham vujudga kelishi mumkin.



5.2-rasm. Avtogeneratorni umumlashtirilgan ekvivalent sxemasi.

KLAPP sxemasi (5.3-rasm) asosida ishlaydigan avtogeneratorni ko'rib chiqamiz, ya'ni qanday qo'shimcha konturlar, blokirovka qiluvchi elementlar hisobiga parazit to'liqlarni paydo bo'lishini bilib olamiz. Avtogenerator KT315 tranzistorda ishlaydi, tranzistor sxemaga umumiy bazali qilib ulangan. Avtogenerator chastotasi $f_0=10\text{MGS}$ ($\lambda=30\text{m}$) bo'lgan to'liq ishlab beradi.

Tranzistorning chegaraviy chastotasi 300MGS bo'lgani uchun bu sxemada uni inersiyasiz deb hisoblash mumkin ($f_0 < f_{\text{cheg}}$). R_1 , R_2 , R_3 qarshiliklar tranzistorning ish holatini belgilaydi va VAX ish nuqtasida statik qiyalikni $S=0,25A/B$ ga teng qilib beradi. Tebranish konturining saxiyligi $Q=20$ bo'lganda, regeneratsiya parametri $SR_y=5$ ga teng bo'ladi. Demak, avtogeneratorni ish chastotasida qo'zg'otish sharti $SR_y>1$ bajariladi. Blokirovka qiluvchi elementlarni hisoblash uchun C_1 va C_2 sig'implarni va ishchi chastotadagi reaktiv qarshiliklarini bilish kerak. KLAPP sxemasi asosida ishlaydigan avtogeneratorni sxemasi 5.3-rasmda keltirilgan.



5.3-rasm. KLAPP sxemasi asosida ishlaydigan avtogenerator.

Ishchi chastotadagi reaktiv qarshiliklar quyidagi ifodalar bilan aniqlanadi:

$$X_{C1} = 530 \lambda / C_1 = 530 * 30 / 500 = 32 \text{ Om},$$

$$X_{C2} = 530 * 30 / 5000 = 3,2 \text{ Om}.$$

5.3. Avtogeneratorlarda va quvvat kuchaytirgichlarda bo‘ladigan parazit to‘lqinlar

Oldingi ma’ruzada ko‘rsatilgan avtogenerator sxemasini tahlil qilishni davom ettiramiz. KlAPP sxemasidagi (5.3-rasm) blokirovka qiluvchi drossellarni qarshiligi:

$$X_{L1} = 1885 L_1 / \lambda = 1885 * 16 / 30 = 1000 \text{ om} \gg X_{s1},$$

$$X_{L2} = 1885 * 1 / 30 = 64 \text{ Om} \gg X_{c2},$$

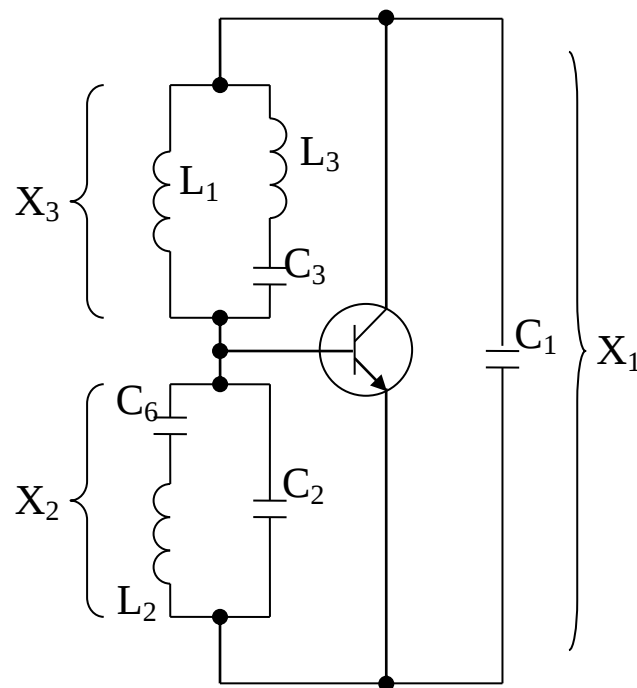
blokirovka qiluvchi kondensatorning sig‘imi:

$$X_{s4}=530*30/5000=3,2 \text{ om} \ll X_{3L};$$

$$X_{s5}=530*30/1000=16 \text{ om} \ll X_{L1};$$

$$X_{s6}=530*30/3200=50 \text{ om} \ll X_{L2}.$$

Bu avtogeneratorda qo'zg'atish sharti f_0 dan past chastotalarda ham bo'lishi mumkin. Buning uchun avtogeneratorning ekvivalent sxemasini ko'rib chiqamiz 5.2.-rasm. Ekvivalent sxemada C_4 va C_5 sigimlar cheksiz katta qilib olingan, chunki C_5 sig'imga parallel qilib manbaning (E_M) filtri ulangan, C_4 sig'im esa chastotaga deyarli ta'sir ko'rsatmaydi.



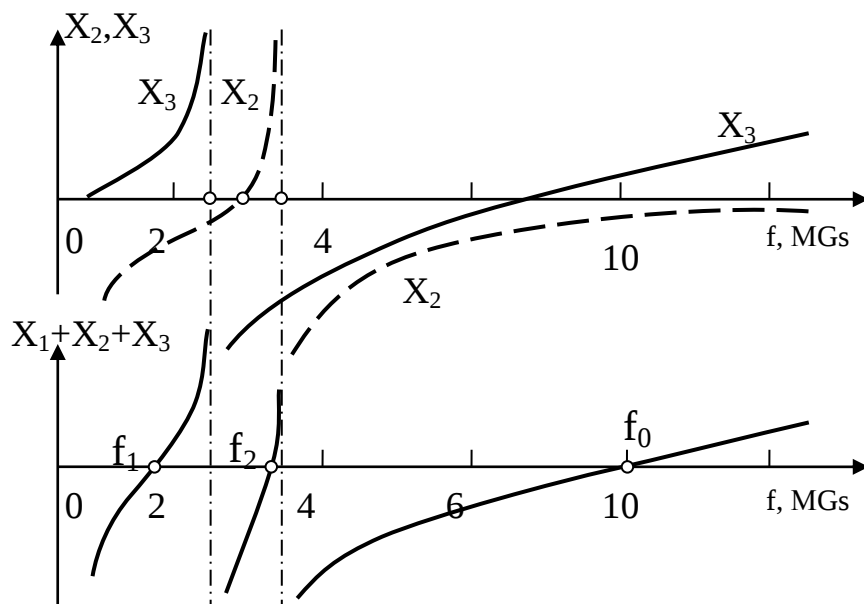
5.4-rasm. Blokirovka elementlarini hisobga olgan holdagi, avtogeneratorni ekvivalent sxemasi.

5.4-rasmdagi $X=F(f)$ grafik ko'rinib turibdiki drossel induktivligini hisobga olganda 2,5 MGs chastotada X_3 konturida parallel rezonans sodir bo'ladi. X_2 konturdagi L_2C_6 zanjir tufayli ketma-ket va parallel rezonans bo'ladi. Buning natijasida reaktiv qarshiliklar yig'indisi $X = X_1 + X_2 + X_3$, nol qiymatdan faqat $f_0 = 10$ MGs ish chastotasda emas balki, $f_1 = 1,5$ MGs, $f_2 = 3,5$ MGs chastotalarda ham o'tadi. Bu chastotalarni qaysi

birida qo'zg'atish sharti bajarilishini bilish uchun reaktiv qarshiliklar ishorasini taqqosloymiz.

$X_1 = -1/2\pi f C_1$ hamma chastotalarda manfiy bo'ladi. $f_0 = 10$ MGs chastotada $X_1 < 0$; $X_2 < 0$; $X_3 > 0$, demak qo'zg'atish sharti bajariladi. $f_1 = 1,5$ MGs chastotada $X_1 < 0$; $X_2 < 0$; $X_3 > 0$, bu holda ham qo'zg'otish sharti bajariladi. $f_2 = 3,5$ MGs da $X_1 < 0$; $X_2 > 0$; $X_3 < 0$, qo'zg'otish sharti bajarilmaydi.

f_1 chastotada regenerasiya parametri $SR_b \approx 15$ bo'ladi. Shunday qilib, f_0 , f_1 chastotada avtogenerator to'lqinlar ishlab berishi mumkin. Bulardan biri f_0 foydali ish chastota, f_1 esa parazit kerak bo'lmagan chastota. Avtogeneratorda birgalikda bunday ikkita chastotani vujudga kelishi, aktiv elementni o'rtacha qiyaligini (S_1) kirish kuchlanishini amplitudasi U_{kir} ga bog'liqligi bilan belgilanadi.



5.5-rasm. a) – X_2 , X_3 qarshiliklarni chastotaga bog'likligi,
b) – $X_1 + X_2 + X_3 = X$ qarshiliklarni chastotaga bog'likligi.

Avtogenerator sxemasiga avtomatik siljish kuchlanishini kiritish, bu bog'liqlikni monoton ravishda pasaytiradi. Bu esa bir chastotani, ikkinchi chastota bilan yo'q qilinishiga olib keladi. Qaysi bir chastota uchun qo'zg'otish sharti katta bo'lsa, shu chastota yo'q bo'lmaydi. Ko'rib chiqilgan avtogenerator sxemasida parazit $f_1 = 1,5$ MGs, sxemaga manba ulangandan keyin ishlab chiqilishi kerak. $S_1 = f(U_{kir})$ keskin o'zgarganda

va avtogeneratorga manba ulanganda ba'zi hollarda ikkala chastotalar ham mavjud bo'lishi mumkin. Bundan tashqari, aktiv elementni simlarini induktivligi, elektrodlar orasidagi sig'im, montaj simlarini induktivligi hisobiga ham parazit to'liqlar bo'lishi mumkin. Lekin bu chastotalar ish chastotasidan ancha yuqori bo'ladi va aktiv element qiyaligi bu chastotalarda keskin kamayib ketadi, bu esa qo'zg'otish shartini bajarilishini qiyinlashtiradi.

5.4. Avtogenerator sxemasida parazit to'liqlarni yo'qotish usullari

Ko'rib chiqilgan avtogenerator sxemasida parazit to'liqlarni yo'qotish usulini ko'rib chiqamiz. Buning uchun avvalam bor X_2 va X_3 qarshiliklarda bo'ladigan parallel rezonansni yo'qotish kerak. Parallel rezonansni yo'qotish uchun ketma-ket ta'minlash sxemasini qo'llash kerak. Agar f_1 , f_2 chastotalarni yo'qotish mumkin bo'lmasa, bu chastotalarda X_1 , X_2 reaktiv qarshiliklarni ishorasini har xil bo'lishiga intilish kerak. Masalan, C_6 sig'imni miqdorini oshirish kerak. Agar bu ham yordam bermasa, regenerasiya parametrini ish chastotasidan boshqa chastotalarda kamaytirish kerak. SR_b ifodadagi aktiv elementni qiyaligini (S) kamaytirib bo'lmaydi, shuning uchun boshqaruvchi qarshilik qiymatini parazit chastotalarda kamaytirish kerak. Boshqaruvchi qarshilik $R_b = X_1 X_2 / r$ ga teng.

R_b ni qiymatini kamaytirish uchun su'ratdagi $X_1 X_2$ qarshiliklar ko'paytmasini kamaytirish kerak va aktiv qarshilik r ni qiymatini ko'paytirish kerak. Agar boshqaruvchi qarshilik $R_b = k R_y$ ga teng bo'lsa, parazit to'liqinni yo'qotish uchun teskari aloqa koeffitsiyentini (k) va yuklama qarshiligini kamaytirish kerak. Yuqorida ko'rilgan KLAPP sxemasida C_6 sig'im qiymatini oshirish kerak, L_1 induktivlik qiymatini esa kamaytirish kerak. Ba'zi hollarda drossellarni qarshiligi yuqori bo'lgan simlardan (konstantan, nixrom) tayyorlash kerak yoki ularni antiparazit qarshilik bilan parallel ulash kerak (shunt). O'ta yuqori chastotalarda parazit to'liqin paydo bo'lsa, tranzistorni baza va kollektoriga ketma-ket qilib antiparazit qarshilik ulash kerak.

Quvvat kuchaytirgich va chastota ko'paytirgich sxemalarda parazit to'liqlar ish chastotasidan past va yuqori chastotalarda bo'lishi mumkin. Past chastotalardagi parazit to'liqlarga drossellar, yuqori chastotali parazit to'liqlarga esa aktiv elementning simlari va montaj o'tkazgichlarining induktivlari va elektrod orasida sig'imlaridan iborat

bo'lgan konturlar sababchi bo'ladi. Bir taktli va ikki taktli sxemalardagi parazit to'liqlar bir biridan farq qiladi, ularni yo'qotish usulari yuqorida avtogenerator misolida qayd qilib o'tildi. Odatda bitta kaskadda parazit to'liqlar bo'lmasligi ham mumkin, lekin bu kaskadlar ketma-ket ulanaganda parazit to'liqlar paydo bo'lishi mumkin. Buning asosiy sababi ta'minlovchi manba orqali bo'ladigan teskari aloqadir, chunki manba hamma kaskadlar uchun umumiy bo'ladi. Bularni yo'qotish uchun kaskadlarni umumiy manbadan ayiruvchi filtrlar yordamida ta'minlash kerak va kaskadni orasiga himoya ekranlarini qo'yish kerak.

Nazorat savollari

1. Parazit to'liqlarni kelib chiqish sababini tushuntiring.
2. Teskari aloqa hisobiga bo'ladigan parazit to'liqlar tushuntiring.
3. Parametrik parazit to'liqlar nima?
4. Klapp sxemasi asosida ishlaydigan avtogeneratorni ish usulini tushuntiring.
5. Musbat teskari aloqa nima?
6. Avtogeneratorni ekvivalent sxemasini chizing va undagi parazit to'liqlarni yo'qotish usullarini keltiring.
7. Quvvat kuchaytirgichdagi parazit to'liqlarni yo'qotish usullarini tushuntiring.
8. Chastota ko'paytirgichdagi parazit to'liqlarni yo'qotish usullarini keltiring.
9. Regenerasiya parametri nima?

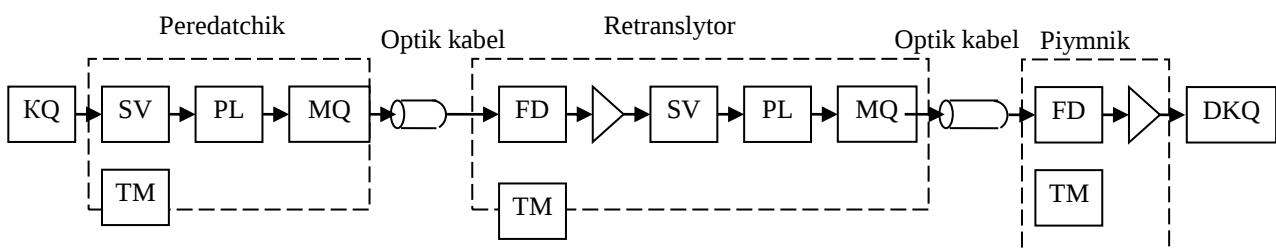
6. OPTIK ALOQA LINIYALARI

6.1. Optik aloqa liniyasi

Optik aloqa liniyasi eng qisqa to'liqli aloqa vositasi bo'lib, yaqin infragizil ko'rinadigan nur diapazonida ishlaydi. Infragizil nurni to'liqlar uzunligi $\lambda = 0.6 - 1.6$ mkm. Avtogenerator sifatida lazer generatorlari va har xil turdagi yorug'lik o'tkazgichlari ishlatiladi. Konstruktiv-ekspluatatsion xususiyatlariga qarab optik aloqa liniyalari ikki xil bo'ladi: Ochiq nur bilan ishlaydigan aloqa liniyalari va yorug'lik o'tkazgichlari (svetovodlar) orqali aloqa qiluvchi liniyalar. Ikkinchi turdagi aloqa liniyalarida signal optik to'liqlar tarqatuvchi sistemalardan uzatiladi. Bi-

rinchi turdagi liniyalarni ish holati nur tarqalayotgan muhit tiniqligiga bog'liq bo'ladi, va aloqa masofasi to'g'ri ko'rinish masofasiga bog'liq. Ikkinchi turdagi aloqa liniyalari bu kamchilikdan holidir va amalda

keng qo'llaniladi. Ular tolali aloqa liniyalari deb ataladi (TOAL). Ochiq nurlar bilan ishlaydigan aloqa liniyaga qaraganda TOAL bir qancha afzalliklargaga ega. TOAL sini asosiy afzalligi shundaki, ularni polosa kengligi juda ham keng bo'lib, ~ 10 GGs/km ni tashkil etadi. Uzatilayotgan axborotga tashqi muhitni ta'siri deyarli bo'lmaydi, ishlatish jihatdan ancha universaldir, kichik hajm va massaga egadir. Bundan tashqari, TOAL ishlatilganda noyob rangli metallar tejaladi, ayniqsa mis. Tolali optik aloqa liniyasini struktura sxemasi 6.1- rasmda ko'rsatilgan.



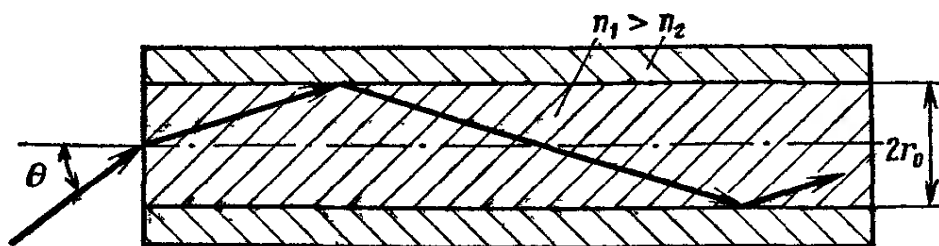
6.1-rasm. Tolali optik aloqa liniyasini struktura sxemasi.

Bu yerda:

KQ, DKQ-kodlovchi va dekodlovchi qurilma, PL- yarim o'tkazgichli lazer. SV- lazerni qo'zg'atish sistemasi, MQ-moslovchi qurilma, FD-fotodiod, TM- ta'minlovchi manba.

Tolali aloqa liniyasining asosiy elementi tolali dielektrik yorug'lik o'tkazgichi bo'lib, unda energiya sarfi kam bo'ladi. Axborot uzatuvchi qurilmadan qabul qiluchi qurilmaga mana shu optik yorug'lik o'tkazgichi orqali tarqaladi. Ana shu optik tolali yorug'lik o'tkazgichlarning optik va mexanik xususiyatlari, ularni narxi tolali aloqa liniyalarini imkoniyatini belgilab beradi.

Hozirgi paytda TOAL larida ko'p hollarda halqa shaklidagi ikki qavatli dielektrik yorug'lik yotkazgichi ishlatiladi 6.2- rasm.



6.2-rasm. Dielektirik yorug‘lik o‘tkazgichi (svetovod).

Yorug‘lik tarqalayotgan tolaning diametri $\sim 1000 \lambda$ ga teng (λ -to‘lqin uzunligi). Tolani sindirish ko‘rsatkichi n_1 va tashqi izolyatsion qavatni sindirish ko‘rsatkichi n_2 orasidagi farq $\Delta n = n_1 - n_2 \approx 0.01$ ni tashkil etadi. n_1 – tolani sindirish korsatkishi, n_2 – tashqi izalytsiya qavatni sindirish korsatkishi. Bunday yorug‘lik o‘tkazgichlar ko‘p modali bo‘lib, ularda juda ko‘p to‘lqinlar tarqalishi mumkin, ularni soni bir necha mingga etishi mumkin. Bunga asosan aytish mumkinki ko‘p modali yorug‘lik o‘tkazgichlarini xususiyatlarini geometrik optika qonunlari orqali ifodalash mumkin. Lekin ularni tahlil qilish (analiz) Maksvell tenglamalari yordamida bajariladi.

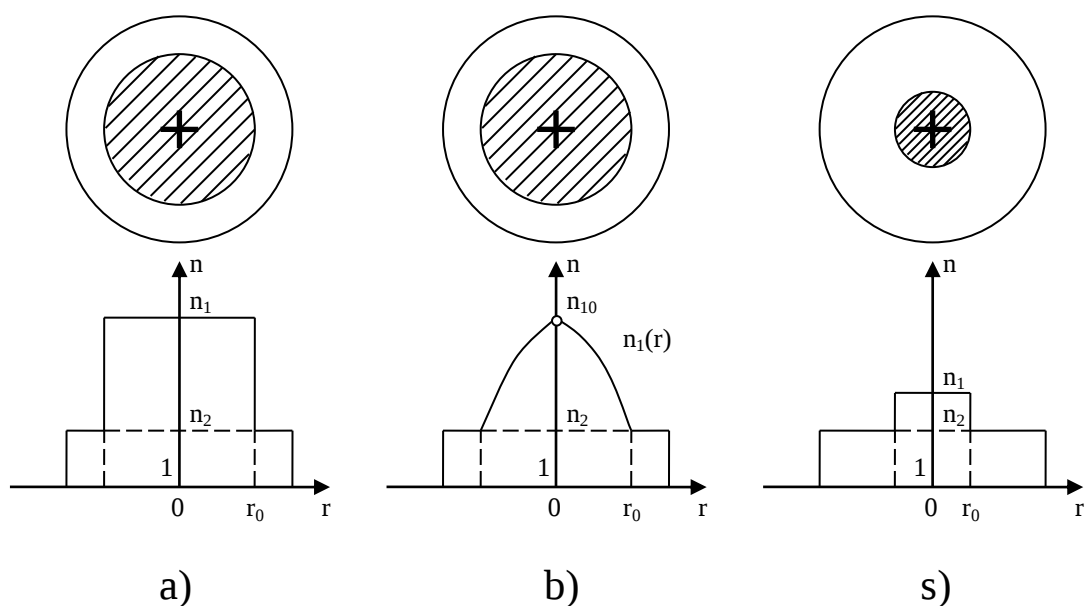
6.2. Dielektrik svetovodlarni asosiy turlari

Dielektrik svetovodlarni asosiy turlariini ko‘rib chiqamiz. Sindirish ko‘rsatkichlari zinapoyasimon bo‘lgan yorug‘lik yotkazgichida (6.3a-rasm), yorug‘lik nuri markaziy toladan n_1 sindirish ko‘rsatkichi bilan tarqaladi.

Tashqi izalytsiya qavatni sindirish korsatkishi tolani sindirish korsatkishidan kichik ($n_2 < n_1$) bo‘lgani uchun nur to‘lada ichki qaytishga uchrab tarqaladi. Nur tarqalishini yorug‘lik o‘tkazgichini o‘qidan og‘gan burchagi

$$NA = \sin Q \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \approx n_1 \sqrt{2\Delta}$$

ga teng. Bu yerda $\Delta = 1 - n_2/n_1$, $n_1 \approx n_2$.



6.3- rasm. Ikki qavatli dielektirikli yorug'lik o'tkazgichlarini turlari:
a) zinapoyasimon, b) parabolik, va c) bir moddali yorug'lik o'tkazgichi

Kvarsdan tayyorlangan tola uchun $n_1=1.46$, $\Delta=0.01-0.005$, shuning uchun

$NA = \sin Q = 0.12 - 0.14$ ga va og'ish burchagi esa $2Q = 23^\circ - 16^\circ$ ga teng boladi. Bunday yorug'lik o'tkazgichlarda to'lqinlar yoki modalar soni N ta bo'ladi.

$$N = v^2/2; \quad N \gg 1$$

$$v = \frac{2\pi r_0}{\lambda} \sqrt{n_1^2 - n_2^2} = \frac{2\pi r_0}{\lambda} (NA)$$

Bu yerda: v -normallashtirilgan chastota, r_0 - tola radiusi, λ - yorug'likni to'lqin uzunligi.

$NA = 0.2$ va $r_0/\lambda = 50$ bo'lganda modalar soni 1900 dan oshiq bo'ladi, ya'ni bu yorug'lik o'tkazgichlarini haqiqatdan ham ko'p moddali bo'ladi. Yorug'lik o'tkazgichlaridan nur tarqalganda, uni energiyasini bir qismi tolada va tashqi qavvatda yutilishi tufayli, nurni energiyasi qisman sarf bo'ladi. Odatda bu nurni yutilish uchun sarf bo'lgan energiya juda kam bo'ladi. Bunday ko'p modali yorug'lik o'tkazgichlarda apertura asosiy parametr bo'lib xizmat qiladi. Bu parametr lazer generatorlarini va keng polosali yorug'lik manbasi-svetodiodlarni bir-biriga moslashish imkonini beradi. Yorug'lik o'tkazgichini nur chiqarish yuzasi S_D va

tolani ko'ndalang kesimini yuzasi S_B orasidagi munosabatga qarab, moslashish ko'effitsiyenti η ni quyidagicha aniqlash mumkin.

$$\eta \begin{cases} \frac{P_{sv}}{P_0} = (1 - R) \frac{S_{sv}}{P_0} (NA)^2 \\ (1 - R)(NA)^2 \end{cases} \quad \begin{matrix} S_{sv} < S_d \text{ bo'lganda} \\ S_{sv} > S_d \text{ bo'lganda} \end{matrix}$$

P_d -svetodiod quvvati, P_{sv} - yorug'lik o'tkazgichga kirgan quvvat, R - yorug'lik o'tkazgichi va havo orasidagi Frenel qaytarish ko'effitsiyenti.

$S_{sv} > S_d$, $NA = 0.14$ va $(1 - R) = 0.95$ bo'lganda $\eta = 0.019 = -17.2$ dB bo'ladi. $S_{sv} > S_d$ bo'lganda qo'shimcha energiya sarf bo'lishi kuzatiladi. Svetodiod diametri 380 mkm va $2r_0 = 75$ mkm bo'lganda, bu energiya 14 dB ni tashkil etadi. Hammasi bo'lib $17.2 + 14 = 31.2$ dB energiya sarf bo'ldi. Shunday qilib, yorug'lik o'tkazgichlarda yorug'likni turli tomonga tarqatuvchi manba ishlatilganda, uni ish holatini yaxshilashni samarali usuli, svetovodni aperturasini oshirishdir.

Ko'p modali yorug'lik o'tkazgichlarda har qaysi moda o'zini guruh tezligi bilan tarqaladi. Bu tezlik yorug'lik o'tkazgichga tushayotgan nur burchagiga bog'liq bo'ladi.

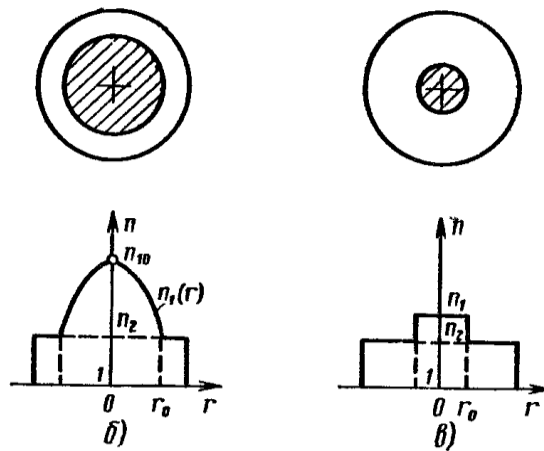
6.3. Bir va ko'p modali yorug'lik o'tkazgichlari

Oldingi darsda qayd qilib o'tilgandek, yorug'lik o'tkazgichlar bir modali va ko'p modali bo'lishi mumkin. Ko'p modali yorug'lik o'tkazgichlari tarqatayotgan to'lqinlar soni ko'p bo'lishi mumkin. Bunday yorug'lik o'tkazgichlarda har qaysi moda o'zini guruh tezligiga ega bo'ladi. Buni natijasida yorug'lik o'tkazgichi o'qiga nisbatan kichik burchak ostida tushayotgan modalar yorug'lik o'tkazgichida kichik masofani bosib o'tadi. Ular past chastotali modalar deyiladi. Katta burchak ostida tushayotgan modalar past modaga qaraganda nisbatan katta masofani bosib o'tadi. Ular yuqori modalar deyiladi. Bu esa modalar dispersiyasini vujudga keltiradi, ya'ni yorug'lik impulsini kengligi, yorug'lik o'tkazgichidan chiqayotganda o'zgaradi, ya'ni oshadi. Bu hodisa yorug'lik o'tkazgichni o'tkazish xususiyatini kamaytiradi. Zinapoyasimon svetovod uchun dispersiya

$$\Delta T_{\text{mod}} = \frac{l}{C}(n_1 - n_2) = \frac{l}{2n_1 C}(NA^2) \text{ ga teng.}$$

1-yorug'lik o'tkazgich uzunligi, c-yorug'lik tezligi (vakuum), $n_1=1.46$, $l = 1\text{km}(NA) = 0.2$ bo'lganda $\Delta T_{\text{mod}} = 47 \text{ ns/km}$ bo'ladi. Bu degani yorug'lik o'tkazgichni o'tkazish xususiyati 10 Mbit (s*km) ga kamayadi. Yuqoridagi tenglamadan ko'rinib turibdiki aperturani (NA) oshishi o'tkazish xususiyatiga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Dispersiya kam bo'lganda yorug'lik o'tkazgichni o'tkazish xususiyatiga, yorug'lik o'tkazgich tayyorlangan materialni sindirish ko'rsatkichi ta'sir ko'rsatadi. Ammo uni ta'siri juda kichik bo'ladi. Lekin shunga qaramasdan bu ta'sirni e'tibordan chiqarib bo'lmaydi, chunki modalar vositasida o'tayotgan nur energiyasi juda kichkina bo'lib, modalar so'nishi mumkin. Shunday qilib, modalar dispersiyasi o'tkazuvchanlikni kamaytiruvchi asosiy omildir.

Dispersiyani kamaytirish uchun gradientli va bir modali yorug'lik o'tkazgichlarini ishlatish kerak. 6.4 a,b- rasm



6.4- rasm. Ikki qavatli yorug'lik o'tkazgichlari: a)-parabolik, b)- bir modali.

Gradientli yorug'lik o'tkazgichda (6.4.b-rasm) sindirish ko'rsatkichi n_1 radial koordinataning funksiyasi bo'ladi. $n_1=n_1(r)$ va parabolik ko'rinishda o'zgaradi. Bu holda dispersiya

$$\Delta T_{\text{mod}} = l n_{10} \Delta^2 / 2c,$$

$n_{10} = 1.46$, $\Delta = 0.01$, $l = 1\text{km}$ bolganda $\Delta T_{\text{mod}} = 0.24 \text{ ns/km}$ ga teng bo'l adi va zinapoyasimon yorug'lik o'tkazgich dispersiyasi 47 ns/km

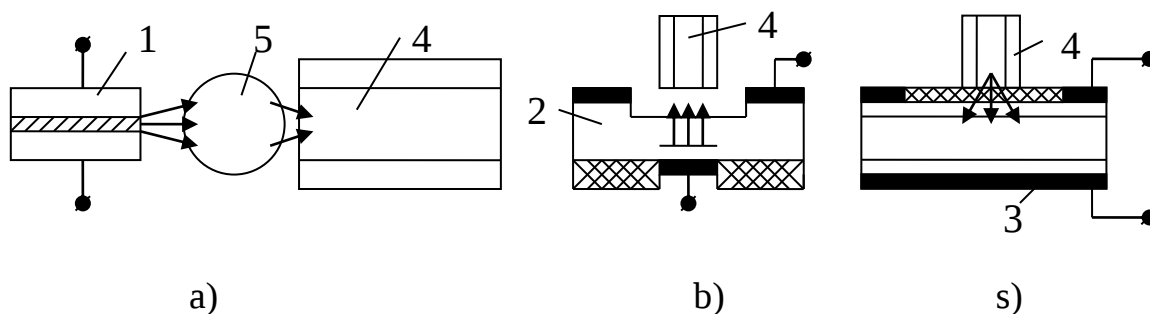
dan ancha kichik bo'ladi ($0,24\text{ns/km} \ll 47\text{ ns/km}$). Demak gradientli yorug'lik o'tkazgichni o'tkazuv- chanligi katta bo'ladi. Bu yorug'lik o'tkazgichlarda yuqori modali tolaning sindirish ko'rsatkichi kichik bo'lgan $[n_1(r)]$ joyida tarqaladi va ularni guruh tezligi past modanikidan yuqori bo'ladi. Past modalar yorug'lik o'tkazgichni o'qi atrofida tarqalishadi, bu yerda $n_1 \approx n_{10}$ bo'lib, katta qiymatga ega bo'ladi. Yuqori va past modalarning guruh tezliklarini har xil bo'lishi, har xil burchak ostida tushib tarqalayotgan nurlarni bosib o'tgan masofa orasidagi tafovutni kompensasiya qiladi. Bu esa har xil modalarni yorug'lik o'tkazgichlarda bir xil vaqt bilan tarqalishiga imkon beradi.

Eng kichik dispersiya bir modali yorug'lik o'tkazgichlarda bo'ladi. Bunday yorug'lik o'tkazgichda faqat bitta past moda tarqalishi mumkin. Buning uchun yorug'lik o'tkazgichning normallashtirilgan parametri v ni kamaytirish kerak, $v = 2\pi r_0/\lambda$. Yorug'lik o'tkazgich bir modali bo'lishi uchun $v < 2,405$ shart bajarishi kerak. Buning uchun yorug'lik o'tkazgich tolasining radiusi r_0 ni kamaytirish kerak, yoki tola va tashqi quvvat sindirish ko'rsatkichlari farqini kamaytirish kerak. Biroq yorug'lik o'tkazgich tolasining diametrini juda kichraytirish (2-4 mkm gacha), bir modali yorug'lik o'tkazgichlarni yorug'lik manbasi bilan moslashtirishni, yorug'lik o'tkazgichlarni bir - biriga ulashni ancha qiyinlashtiradi. Bir modali yorug'lik o'tkazgichlarda nurni sarf bo'lishi tashqi qavatda sodir bo'ladi. Buning asosiy sababi $\Delta = 1 - n_2/n_1$ kamayishi bilan to'lqin tashqi qavatda ko'proq yutiladi. Energiya sarf bo'lishini kamaytirish uchun bir modali yorug'lik o'tkazgichlarda tola va tashqi qavat diametrlari orasidagi nisbat katta bo'lishi kerak (taxminan 8:1). Bunday yorug'lik o'tkazgichlar juda toza materiallardan bug'-faza reaksiyasi orqali tayyorlanadi. Ko'p hollarda tashqi qavat bor oksidlari bilan legirlangan kvarsdan, yorug'lik tashuvchi tola esa germaniydan tayyorlanadi. Bunday yorug'lik o'tkazgichni asosiy parametrlari quyidagicha: tashqi qavatni diametri 75 mkm, tolani diametri 10 mkm, $\Delta=0,001$; To'lqin uzunligi $\lambda=0,84$ mkm bo'lganda energiya sarfi 1,8 db/km ni, $\lambda=1,02$ mkm bo'lganda energiya sarfi 1,3 db/km ni tashkil etadi. Energiya sarfini eng kichik miqdori to'lqin uzunligi $\lambda=1,55$ mkm bo'lganda kuzatiladi 0,2 dB/km. Bir modali yorug'lik o'tkazgichlar uchun yorug'lik manbasi, yarimo'tkazgichli lazer generatori, yoki yuqori konsentrasiya bilan legirlangan neodim kristallari bo'lishi mumkin. Yorug'lik o'tkazgichlarni bu generatorlar birgalikdagi sistemasi, yorug'lik impulsini dispersiyasini 10^{-11}s/km gacha, axborot uzatish

tezligini 10 Gbit/s*km ga olish imkonini beradi. Generator sifatida yarimoʻtkazgichli yorugʻlik oʻtkazgichlari ham ishlatilishi mumkin, lekin ular koʻp modali yorugʻlik manbasi hisoblanadi. Shuning uchun ularda bir modali nurni quvvati juda kichkina boʻladi.

Yuqorida qayd qilingandek, TOAL tizimlarida yorugʻlik manbasi sifatida lazer, injeksion getero-lazer generatorlari va yorugʻlik nurini tarqatuvchi yarimoʻtkazgichli diodlar ishlatiladi. Yarimoʻtkazgichli generatorlarni yaxshi tarafi shundaki, ularni hajmi kichkina, oʻzi esa tejamkor boʻladi. Ular taʼminlovchi tokini hisobiga AM modulyatsiyani katta tezlik bilan amalga oshiradi. Tolali optik aloqa linyasida (TOAL) eng qulay modulyatsiya impulsi-kodli modulyatsiya boʻladi. Geterolazer generatorlarida yorugʻlik nurini impulʼsini davomiyligini 10^{-9} s, polosa kengligini 1 GGs gacha olish mumkin. Yorugʻlik nurini tarqatuvchi yarim oʻtkazgichli diodlar uchun bu koʻrsatkichlar bir daraja past boʻladi. Qabul qiliuvchi sifatida p-i-n diodlar va lavalı fotodiodlar ishlatilishi mumkin.

Qabul qiluvchi va uzatuvchi optik aloqa sistemasini struktura sxemasi 6.5-rasmda keltirilgan.



6.5-rasm Qabul qiluvchi va uzatuvchi optik aloqa sistemasini struktura sxemasi: a,b) uzatuvchi, s) qabul qiluvchi

1-yarimoʻtkazgichli lazer, 2-svetodiod, 3-fotodiod, 4- yorugʻlik oʻtkazgichi, 5-moslovchi linza.

Yarimoʻtkazgichli generatorlarni yaxshi tarafi shundaki, ularni hajmi kichkina, oʻzi esa tejamkor boʻladi. Ular taminlovchi tokini hisobiga AM modulyatsiyani katta tezlik bilan amalga oshiradi. Tolali optic aloqa linyasida (TOAL) eng qulau modullashtirish impuls-kodli modulyatsiya boʻladi. Geterolazer generatorlarida yorugʻlik nurini impulsini davomiyligini 10^{-9} s, polosa kengligini 1 GGs gacha olish mumkin. Yorugʻlik

nurini tarqatuvchi yarim o'tkazgichli diodlar uchun bu ko'rsatkichlar bir daraja past bo'ladi.

Nazorat savollari

1. Optik tolali aloqa liniyalarini afzalligi nimadan iborat?
2. Tolali aloqa tizimi nima vazifani bajaradi?
3. Tolali aloqa tizimini struktura sxemasini tushuntirng.
4. Yorug'lik o'tkazgichlar deganda nimani tushunasiz?
5. Optik aloqa liniyasi qaysi to'lqin diapazonida ishlaydi?
6. Optik aloqa liniyasida qanday generatorlar ishlatiladi.
7. Optik aloqa liniyasi necha xil bo'ladi?
8. Yorug'lik o'tkazgichlari qachon bir modali hisoblanadi?
9. Yorug'lik o'tkazgichlari qachon ko'p modali hisoblanadi?
10. Modalar dispersiyasi deb nimaga aytiladi?
11. Modalar dispersiyasini kamaytirish uchun nima qilish kerak?
12. TOAL da qanday yorug'lik manbalari ishlatiladi?

7. TURLI RADIOUZATISH QURILMALARI HAQIDA QISQACHA MA'LUMOTLAR

7.1. Radioeshittirish radiouzatkichlari

Radioeshittirish uchun quyidagi signal chastotalar diapazoni, tashuvchi chastotada nurlanuvchi quvvat va modulyatsiya turi belgilangan

150...285 kGs – bir necha kilometr uzunlikdagi (uzun to'lqin) to'lqinlar, quvvati 1 MVtgacha, amplitudali modulyatsiya;

525...1605 kGs – bir necha gektometr uzunlikdagi (o'rta to'lqin) to'lqinlar, quvvati 500 kVtgacha, amplitudali modulyatsiya;

3,95...26,1 MGs (ayrim qismlari) – bir necha dekametr uzunlikdagi (qisqa to'lqin) to'lqinlar, quvvat 500 kVtgacha, amplitudali modulyatsiya;

66...73 va 87,5...108 MGs – bir necha metr uzunlikdagi (ultra qisqa to'lqin) to'lqinlar, quvvati 20 kVt gacha, chastotali modulyatsiya.

Radioeshittirish bugun yEr sharini qamrab olgan radiouzatish qurilmalaridan iborat. Bu radiouzatgichlarning ishlash chastotalari va vaqtlari xalqaro kelishuvlar asosida Xalqaro Elektraloqa Ittifoqi (HEI) tomonidan nazorat etilib va kuzatilib boriladi. O'zbekiston ham HEI

a'zosi. Ushbu kelishuvlar natijasida turli radiouzatish tizimlarining ishlashi radioqabullash qurilmalarining ishlashiga halaqitini kamaytiradi.

Har bir davlat va xususiy radiostansiya HEI qoidalarini va davlat radiochastotalar qo'mitasi ruxsatisiz ishlashi mumkin emas.

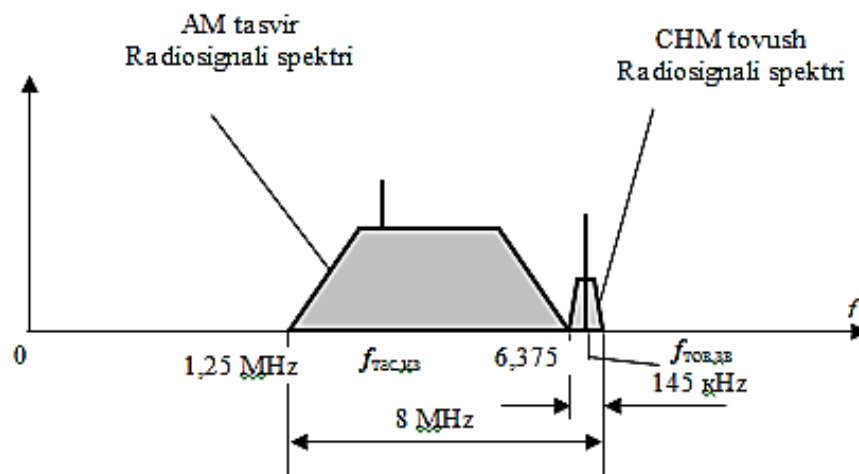
7.2. Teleko'rsatuvlar radiouzatkichlari

Umumiy ma'lumotlar. Teleko'rsatuvlar 48,5...66, 74...100, 174...230 MGs (1...12 televideniya kanallari) to'lqin uzunligi metrlarda va 470...958 MGs (21...81 televideniya kanallari) to'lqin uzunligi desimetrda o'lchanadigan chastotalarda olib boriladi.

Televideniya radiouzatkichlari odatda ikkita alohida, mustaqil radiouzatgichlardan iborat bo'lib, birinchisi amplitudasi modullashtirilgan tasvir signalini; ikkinchisi chastotasi modullashtirilgan tovush signalini efirga uzatadi. Bunda tasvir signalining tashuvchiga nisbatan chap yon polosasi qisman uzatiladi, o'ng yon polosasi to'liq uzatiladi.

Tasvir radiouzatgichi modulyatori kirishiga: elektr signalga aylantirilgan optik tasvir yorug'lik signali, ranglar signali; tasvir satrlari va kadrlarini sinxronizatsiyalash signali birgalikda to'la televizion signal shaklida beriladi. Bu marakkab to'liq signalning chastotalar spektri kengligi 0...6,5MGsni tashkil etadi. Bunda spektrdagi past chastotalar tasvirdagi sekin o'zgaruvchi tasvirlarga va yuqori chastotalari juda tez o'zgaruvchi tasvir tashkil etuvchilariga to'g'ri keladi. Bunday amplitudasi modulyatsiyalangan signal odatda 13,0 MGs spektrga ega bo'ladi, ammo chastotalar resursini tejash maqsadida tashuvchi chastotadan chap tomonda joylashgan signal spektral tashkil etuvchilari qisman o'tkaziladi va umumiy spektri kengligi 8,0 MGsga teng bo'lgan to'liq televideniya signali hosil qilinadi va efirga uzatiladi (7.1-rasm).

Televideniyada tovush signallari tashuvchi chastotasini modulyatsiyalash orqali olingan, spektri kengligi 145 kGs signal orqali efirga uzatiladi. Tovush signali spektri tasvir signallari spektri yuqori qismida joylashadi.



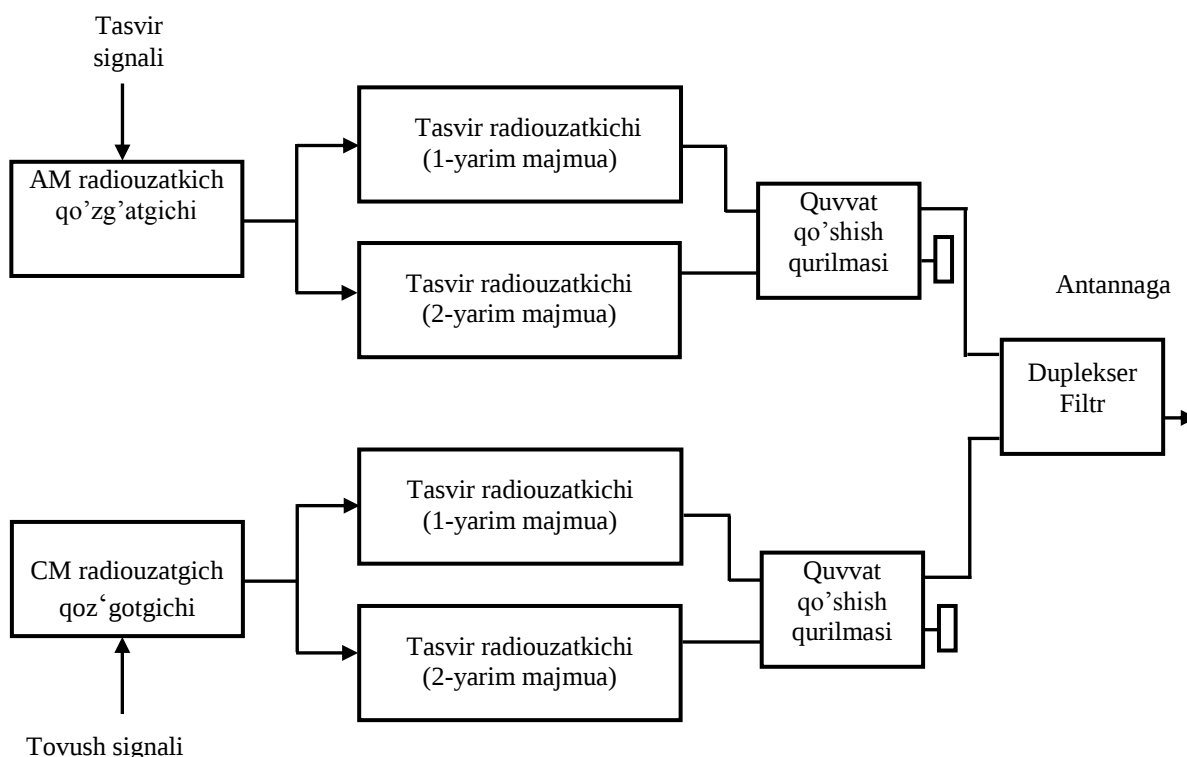
7.1-rasm. Toliq television signal.

Yerda joylashgan televideniya tasvir signallari radiouzatkichlari chiqish quvvati bir necha vattdan to 50 KVt gacha, tovush signallari chiqish quvvati ham bir necha vattdan 5 KVt gacha bo‘ladi. Tovush signali radiouzatgichi chiqish quvvati tasvir signali chiqish quvvatidan odatda o‘n marta kam qilib loyihalanadi, bu nisbat qabul nuqtasida televideniya tasvir sifati texnik talablarga javob beradigan masofada, tovush signali sathi o‘n marta kam bo‘lganda ham uning sifat ko‘rsatkichlari texnik talablarga javob beradi.

Televideniya uzatgich strukturaviy sxemasi. Tasvir va tovush signallari radiouzatgichi ikkitadan alohida-alohida majmuadan iborat bo‘lib, ularning chiqish quvvati ko‘priksimon qurilma yordamida qo‘shiladi va natijaviy chiqish quvvati har bir alohida radiouzatgichning chiqishidan ikki marotaba katta bo‘ladi.

7.2-rasmida strukturaviy sxemasi keltirilgan uzatgich to‘rtta yuqori yoki o‘ta yuqori chastota signallari quvvat kuchaytirgichidan, signallar quvvatini qo‘shuvchi qurilmadan, umumiy fil’t-dupleksordan, amplituda modulyatori va chastota modulyatori qo‘zg‘atuvchisidan va umumiy antennadan iborat.

Yarim majmua (komplekt) radiouzatgich ishdan chiqsa umumiy chiqish quvvati to‘rt marta kamayadi, ammo ishlayotgan yarim komplet chiqish quvvatini to‘g‘ridan-to‘g‘ri antennaga berish hisobiga chiqish quvvati ikki marta kamayishiga erishiladi.



7.2-rasm. Televizion uzatgichni strukturaviy sxemasi.

Dupleksor - filtrni ikkita turli chastotalarga va polosa kengligiga ega kirish qismiga quvvati kuchaytirilgan tasvir va tovush signallari beriladi, uning chiqishidan bitta yagona signal olinib antennaga beriladi. Ba'zi televizion radiostansiyalarda dupleksor-filtr yordamida oxirgi tasvir va tovush quvvat kuchaytirish yarim komplekti quvvatlari birlashtiriladi, so'ngra quvvat qo'shish ko'priksimon qurilmaga, uning chiqishidagi signal antennaga beriladi.

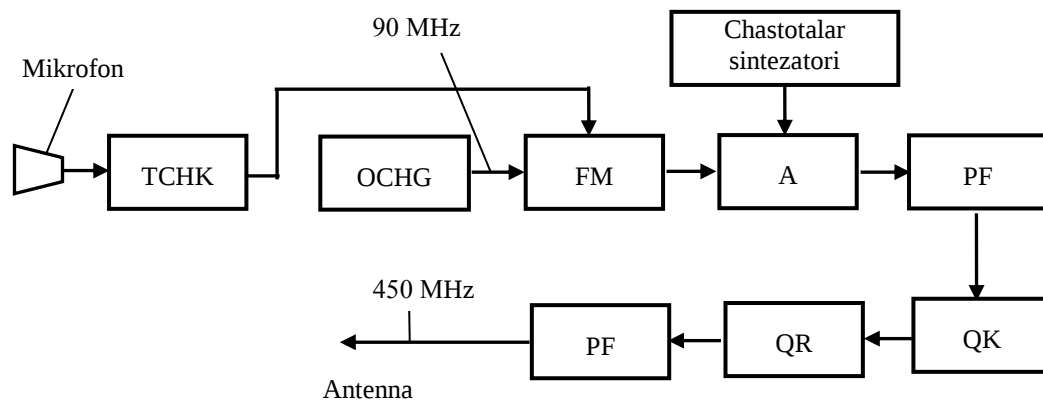
Zamonaviy televideniya signal radiouzatkichlari chiqish quvvati to 5...10 kVt gacha bo'lsa to'liq tranzistorlarda yaratiladi.

7.3. Sotali aloqa tizimi radiouzatkichlari

Hozirgi vaqtda asosan GSM, CDMA raqamli sotali aloqa standarti keng tarqalgan bo'lib 900 va 1900 MGs diapazonida ishlaydi.

Sotali radioaloqa abonentlari qurilmasi radiouzatkichlari 7.3-rasmda keltirilgan. Bunda quyidagicha belgilanishlardan foydalanilgan. TCHK – tovush chastotalari kuchaytirgichi; OChG – oraliq chastota generatori

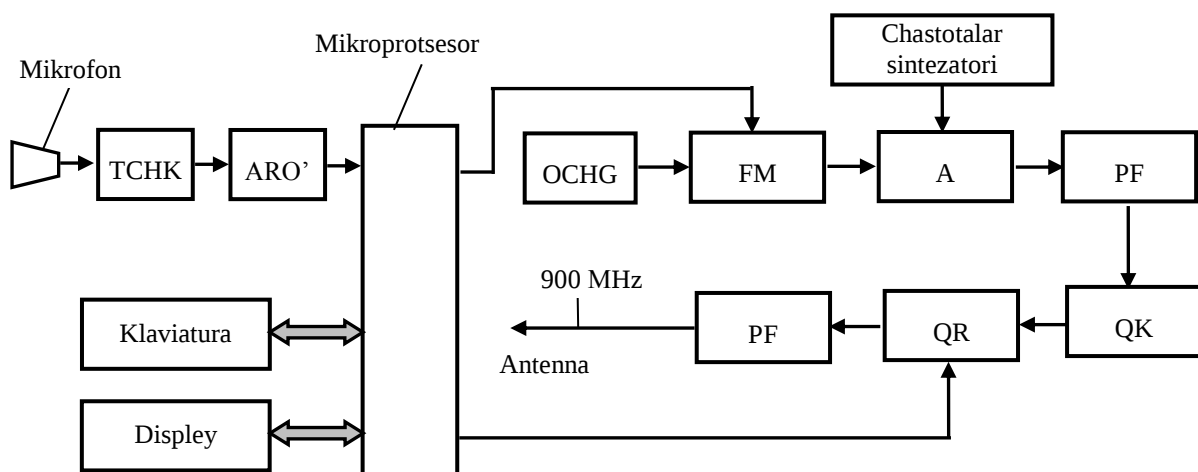
(90 MGs); FM – faza modulyatori; A – aralashtirgich; PF – polosa filtri; QK – quvvat kuchaytirgich; QZ – quvvatni rostlash.



7.3-rasm. Raqaml sotali radioaloqa radiouzatkihi.

Qurilmada fazali modylatsiya (FM) oraliq chastotada amalga oshiriladi. Chastotalar sintezatori yordamida 90 MGsli FM signal 450 MGs diapazoniga kuchiriladi va quvvat bo'yicha kuchaytiriladi. Qurilma dupleks holatida, ya'ni bir vaqtning o'zida signalni uzatish va qabul qilishni amalga oshirish uchun radiouzatuvchi va radioqabullovchi qismlari turli chastotada ishlaydi. Radiouzatkihi va radioqabullash qurilmasi mikrosxemalardan iborat.

Mikrosxema shaklida bajarilgan abonent radiouzatkihi strukturaviy sxemasi 7.4-rasmida keltirilgan.



7.4-rasm. Abonent radiouzatkihi strukturaviy sxemasi.

Rasmda quyidagicha belgilashlardan foydalanilgan: TChK – tovush chastotalari kuchaytirgichi; ARO‘ – analog-raqam o‘zgartirgich; OChG – oraliq chastota generatori; FM – faza modulyatori; A – aralashtirgich; PF – polosa fil’tri; QK – quvvat kuchaytirgich; QR – quvvatni rostlagich.

Radiouzatkich quyidagicha ishlaydi. Analog-raqamli o‘zgartirgich (ARO‘) yordamida tovush signali ikkilik raqamli signalga aylantiriladi va mikroprosessorida ishlov berilgandan so‘ng, faza modulyatorini kirishiga beriladi. Bu signal aralashtiruvchi kaskadda chastotalar sintezatori yordamida ajratilgan chastota diapazoniga ko‘chiriladi va quvvat kuchaytirgichi yordamida kerakli quvvatgacha etkaziladi. Quvvat kuchaytirgichning kuchaytirish koeffitsiyenti baza stansiyasi va abonent orasidagi masofaga qarab avtomatik ravishda boshqarib boriladi. Sotali aloqa kanali abonentiga har bir aloqa seansi davriga chastota baza stansiyasi tomonidan avtomatik ravishda ajratiladi.

Nazorat savollari

1. Radioeshittirish radiouzatkich tuzilish sxemasini chizing va ishlash prinsipini tushuntiring.
2. Teleko‘rsatuvlar radiouzatkich tuzilish sxemasini chizing va ishlash prinsipini tushuntiring.
3. Radiolokatsion stansiyalar radiouzatkich tuzilish sxemasini chizing va ishlash prinsipini tushuntiring.
4. Sotali aloqa tizimi radiouzatkich tuzilish sxemasini chizing va ishlash prinsipini tushuntiring.

ADABIYOTLAR

1. Радиопередающие устройства. Учебник для вузов / Под ред. Шахгильдяна В.В. – М.: Радио и связь, 2003. – 560с.
2. Таджиев А.А. Устройства генерирования и формирования радиосигналов. Учебное пособие – Ташкент; ТашГТУ, 2008.
4. Tojiyev A.A., Nazarov A.M. “Radioto‘lqinlarni yuzaga keltiruvchi va shakllantiruvchi qurilmalar” fanidan tajriba ishlarini bajarish uchun uslubiy kor‘satmalar. – Toshkent, ToshDTU, 2010.
5. Проектирование радиопередающих устройств СВЧ. Учебное пособие для вузов / Под ред. Г.М. Уткина. – М.: Радио и связь, 1989. – 320 с.
6. Проектирование радиопередающих устройств. Учеб. пособие для вузов / Под ред. В.В. Шахгильдяна. – М.: Радио и связь, 2000. – 503с.
7. Tojiyev A.A., Nazarov A.M. “Radioto‘lqinlarni yuzaga keltiruvchi va shakllantiruvchi qurilmalar” fanidan kurs loyihasini bajarish uchun uslubiy qo‘llanma. – Toshkent, ToshDTU, 2011.
8. Радиотехнические устройства и элементы радиосистем. Учеб. Пособие / Каплун В.А., Браммер Ю.А., Лохова С.П., Шостак И.В. – М.: Высшая школа, 2002. – 294 с.
9. Нефедов В.И., Хахин В.И и др. Метрология и электрорадиоизмерение в телекоммуникационных системах Учебник для ВУЗов / Под ред. В.И. Нефедова – М.: Высшая школа, 2001. – 383с.
10. Зарубежные радиопередающие устройства / Антипенко В.А., Воробьев О.В., Лебедев-Карманов А.И. и др.; Под ред. Г.А. Зейтленка и А.Е. Рыжкова – М.: Радио и связь, 1999. – 136 с.
11. www.radio.ru
12. www.elektronika.ru
13. www.radiolab.ru

MUNDARIJA

1. KVARs TEBRANTIRGICHNI ASOSIDA ISHLAYDIGAN AVTOGENERATORLAR	3
1.1. Kvars tebrantirgichlarining xususiyatlari	3
1.2. Kvars tebrantirgichni parametrlari	5
1.3. Kvars tebrantirgichlarining ekvivalent sxemalari	6
1.4. Kvars tebrantirgichining ketma-ket va parallel rezonans chastotalari	8
1.5. Kvars tebrantirgichining kompleks qarchiligi	9
1.6. Kvars tebrantirgichining induktiv qarshilik sifatida ishlatiladigan avtogenerator sxemalari.....	11
1.7. Kvars tebrantirgichlari ketma-ket induktivlik konturi sifatida ishlatilgan avtogenerator sxemalari.....	15
1.8. Gibrid va integral mikrosxemalarda yigʻilgan avtogeneratorlar va ularni vazifasi.....	19
 2. RADIOSIGNAL VA MODULYATSIYA TURLARI. RADIOSIGNALLARNI ASOSIY XARAKTERISTIKALARI	
2.1. Radiosignal va modulyatsiya turlari	25
2.2. Ampituda boʻyicha modulashtirilgan signallarni xarakteristikasi.....	26
2.3. Burchak boʻyicha modulashtirilgan radiosignal xarakteristikalar.....	30
2.4. Ampitudali modulyatsiyali radiouzatuvchi qurilmalar	32
2.5. Siljish kuchlanishi hisobiga boladigan modulyatsiya.....	34
2.6. Modullashtirilgan signallarni kuchaytirish.....	37
2.7. Kollektorli modulyatsiyali radiouzatuvchi qurilmalar	38
2.8. Bir polosali modulyatsiya	48
 3. RADIOSIGNALLARNI UZATUVCHI QURILMALARNING TASHUVCHI SIGNAL GENERATORLARI VA CHASTOTA SINTEZATORLARI	50
3.1. Qoʻzgatgich haqida maʼlumotlar.....	50
3.2. Chastotalar sintezatori.....	51
3.3. Bevosita chastota sintezatorlari.....	54
3.4. Bilvosita chastota sintezatorlari.....	61

4. RAQAMLI CHASTOTA SINTEZATORLARI VA KVANT STANDARTLARI	65
4.1. Raqamli chastota sintezatorlari	65
4.2 Chastota sintezatorlarida kvant standartlarini islatish	68
4.3. FAB sistemasi bilan ishlaydigan kvant standartlari	70
4.4. Maxsuslashtirilgan DDS mikrosxema asosida to‘g‘ridan-to‘g‘ri sintez qiluvchi raqamli chastota sintezatori	71
 5. RADIOSIGNALLARNI UZATUVCHI QURILMALARDA PARAZIT TO‘LQINLAR	77
5.1. Parazit to‘lqinlarni kelib chiqishi	77
5.2. Teckari aloqa hisobiga bo‘ladigan parazit to‘lqinlar	78
5.3. Avtogeneratorlarda va quvvat kuchaytirgichlarda bo‘ladigan parazit to‘lqinlar	80
5.4. Avtogenerator sxemasida parazit tolqinlarni yoqotish Usullari	83
 6. OPTIK ALOQA LINIYALARI	84
6.1. Optik aloqa liniyasi	84
6.2. Dielektrik svetovodlarni asosiy turlari.....	86
6.3. Bir va ko‘p modali yorug‘lik o‘tkazgichilari	88
 7. TURLI RADIOUZATISH QURILMALARI HAQIDA QISQACHA MA’LUMOTLAR	92
7.1. Radioeshittirish radiouzatkichlari	92
7.2. Teleko‘rsatular radiouzatkichlari	93
7.3. Sotali aloqa tizimi radiouzatkichlar	95
 ADABIYOTLAR.....	98
Mundarija	99

Muharrir: Sidikova K.A.
Musahih: Bahromova T.N.